

Masteroppgave i geofag

En klassifisering av ferskvannsdeltaer basert på planform

*En anvendelig klassifikasjon eksemplifisert ved norske
referansedeltaer*

Anne Siri Haddeland



UNIVERSITETET I OSLO

DET MATEMATISK-NATURVITENSKAPELIGE FAKULTET

En klassifisering av ferskvannsdeltaer basert på planform

*En anvendelig klassifikasjon eksemplifisert ved norske
referansedeltaer*

Anne Siri Haddeland



Masteroppgave i geofag
Studieretning: Naturgeografi

Institutt for geofag
Matematisk-naturvitenskaplig fakultet

UNIVERSITETET I OSLO

© **Anne Siri Haddeland, 2005**

Veileder: Kjell Nordseth, førsteamanuensis ved Universitetet i Oslo, institutt for geofag.

Dette eksamensarbeidet er publisert elektronisk i DUO – Digitale Utgivelser ved UiO

<http://www.duo.uio.no>

Det er også katalogisert i BIBSYS (<http://www.bibsys.no/>)

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced or transmitted, in any form or by any means, without permission.

Forord

Denne oppgaven er utført som en avsluttende del av masterstudiet ved Institutt for geofag, Universitetet i Oslo. Oppgaven er gitt av førsteamanuensis Kjell Nordseth som har vært intern veileder ved instituttet. Jeg takker for råd og veiledning gjennom arbeidet med oppgaven. Spesielt vil jeg takke for den flotte ekskursjonen vi hadde i forkant av oppgaveskrivingen, hvor jeg fikk befart ulike deltaer i praksis, i tillegg til at turen ga inspirasjon og motivasjon til å gjennomføre oppgaven.

En stor takk til Ivar Johan Jansen, senioringeniør ved Geodatasenteret i Arendal for sin generøse og uvurderlige hjelp, spesielt i oppgavens innledende fase. Videre vil jeg takke Jim Bogen, forsker ved Seksjon for bre og miljøhydrologi ved Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) for nyttig og informativ hjelp. Liv R. Johansen og Linn Varhaugvik takker jeg for deres verdifulle oppmuntring gjennom hele arbeidet, og for påminnelsen om at ”det er i motgang man har fremgang”.

En særskilt takk vil jeg gi til samboeren min, Kim Wæraas, som hele tiden har hatt tro på meg og oppmuntret meg. En bedre støtte kunne jeg ikke hatt.

Jeg vil i samme anledning få takke alle mine studievenner for en fantastisk og minnerik studietid.

Universitetet i Oslo, desember 2005.

Anne Siri Haddeland

Sammendrag

Oppgavens problemstilling er å gjøre en klassifisering av resente ferskvannsdeltaer på bakgrunn av planform (geomorfologi) sett fra kart og flybilder. Klassifikasjonens anvendelighet testes på norske ferskvannsdeltaer.

Direktoratet for naturforvaltning har tidligere gjort et slikt forsøk, hvor resultatet ble ”Elvedeltabasen”. Databasen er tilgjengelig på www.statkart.no/skme/produkt/delta/. Formålet med det prosjektet var å få fram et totalbilde av arealsituasjonen i større norske elvedelta. En bedre tilgjengelighet av informasjon om elvedelta kan medføre en bedre arealforvaltning.

Det er registrert 118 ferskvannsdeltaer i Elvedeltabasen. Av disse er hvert enkelt delta vurdert i forhold til planform på bakgrunn av Elvedeltabasens tilgjengelige verktøy; flybilder, ortofoto, satelittbilder og CORINE Land Cover. I tillegg er ortofoto fra nettportalen Norge i bilder benyttet.

Kart og flybilder ble valgt som datakilder, da målet med oppgaven var at klassifiseringen skulle være anvendelig. Anvendelig i denne sammenheng betyr lave tids- og kostnadsressurser, samt brukervennlighet. Kart og flybilder ble derfor valgt, da disse er lett tilgjengelige datakilder.

Tabell 1 viser hvilke typer av ferskvannsdeltaer som ble klassifisert, samt tilhørende referansedeltaer. Deltatypene er diskutert i forhold til teorien (kapittel 2).

Tabell 1 Viser klassifiseringen av ferskvannsdeltaer med tilhørende referansedeltaer.

Deltatype	Løpsmønster og sedimenttransport	Referansedeltaer
<i>Klassisk delta</i>	Forgreinet, men også samlet og/eller meanderende/løp med høy sinuositet. Bunntransport.	Vesldalsdeltaet, Skardmodalsdeltaet og Otra-deltaet.
<i>Suspensjonsdelta</i>	Meanderende løp og/eller løp med høy sinuositet. Suspendert materiale (har også tilførsel av bunntransportert materiale)	Øyeren-deltaet, Bøvra-deltaet og Dokka-deltaet.
<i>Fuglefotdelta</i>	Samlet og dels meanderende løp og/eller løp med høy sinuositet, men kan også være forgreinet. Suspendert materiale.	Tufsinga-deltaet, Simoa-deltaet og Hola-deltaet.
<i>Fuglefotdelta i myr</i>	Meanderende løp og/eller løp med høy sinuositet. Suspendert materiale.	Atna-deltaet og Inderdalsåa-deltaet.
<i>Myrdelta</i>	Samlet meanderende løp og/eller løp med høy sinuositet, men kan være forgreinet. Liten (kun suspendert materiale).	Eitro-deltaet, Tisleia-deltaet og Svorka-deltaet.

Kan flybilder og kart gi den informasjonen som er nødvendig for å gi et tilstrekkelig resultat?

Usikkerheten i kartene og flybildene anses som lav, da det stilles strenge krav til kart og til metodikken som ligger bak flybilders presisjon. Feilkildene vil i alle tilfeller være av mindre betydning for klassifiseringen. Flere av kartbladene som ble benyttet var av eldre dato, men dette hadde nytteverdi for klassifiseringen, da flybildene var av nyere dato, og dermed gjorde det mulig å se om deltaet eventuelt var kommet i en overgangsform.

Resultatet vurderes som tilstrekkelig, tatt i betraktning at klassifiseringen er ment å være et supplement til Elvedeltabasens klassifisering av ferskvannsdeltaer. Elvedeltabasen er på samme måte som denne oppgavens klassifisering, bygd opp basert på det geomorfologiske aspektet.

Er det representativt å gjøre rede for en klassifisering av deltatyper kun basert på planform?

Det er, som kapittel 5.1 drøfter, klart at det å observere alle deltaene i felt, samt utføre fysiske målinger ville gitt høyest grad av informasjonsmengde og nøyaktighet i resultatet. En slik klassifikasjon er imidlertid idealistisk, og vil i praksis ikke være mulig, verken tids- eller kostnadmessig.

Deltaenes planform gir tilstrekkelig informasjon, tatt i betraktning at klassifikasjonen skal være anvendelig, og brukes som et verktøy i forvaltningsmessig perspektiv.

Innhold

INNHold	1
1. INNLEDNING	1
1.1 BAKGRUNN	1
1.2 MÅLSETTING OG PROBLEMSTILLING	2
2. TEORI OM DELTADANNELSE	3
2.1 DEFINISJON AV FERSKVANNSDDELTA	3
2.1.1 <i>Alluvial vifte, delta og viftedelta</i>	5
2.2 FAKTORER SOM PÅVIRKER DELTADANNELSE	7
2.2.1 <i>Sedimentkilder</i>	8
2.2.2 <i>Hydrologi</i>	9
2.3 KONTROLLERENDE FAKTORER FOR DELTAETS FORM	10
2.3.1 <i>Sedimenttilførsel</i>	11
2.3.2 <i>Jetstrømmer</i>	12
2.3.3 <i>Innsjøens geometri og dynamikk</i>	14
2.3.4 <i>Bølgeaktivitet og eoliske prosesser</i>	15
2.3.5 <i>Menneskelige inngrep</i>	15
3. METODE	17
3.1 KLASSIFISERING	17
3.2 VERKTØY	25

4.	RESULTATER	27
4.1	KLASSIFIKASJON AV DELTATYPER	27
4.2	REFERANSEDELTAER	33
5.	DISKUSJON	54
5.1	DATAFANGST OG USIKKERHET I RESULTATENE	54
5.2	METODEBRUK	57
5.3	RESULTATET AV KLASSIFIKASJONEN	58
6.	KONKLUSJON	65
	KILDELISTE	66
	VEDLEGG	72

1. Innledning

1.1 Bakgrunn

Gjennom årenes løp har store arealer av ferskvannsdeltaer vært utsatt for stor menneskelig aktivitet som oppdyrking og nedbygging av både bosettinger og industrianlegg. Til tross for sin vide utbredelse, finnes bare få gjenværende intakte større deltaer. De utgjør et viktig landskapselement som omfatter flere naturtyper, og representerer et særlig høyt økologisk mangfold med stor produktivitet (Direktoratet for naturforvaltning, 2005a). I landskapsøkologisk perspektiv er derfor en helhetlig forvaltning å foretrekke, noe som krever god kjennskap til alle naturtypene.

I 1996 igangsatte Direktoratet for naturforvaltning (DN) et prosjekt hvor formålet var å få fram et totalbilde av arealsituasjonen i større norske elvedelta, og at denne informasjonen skulle kunne nå ut til alle. Resultatet av prosjektet ble ”Elvedeltabasen”, en database som omhandler alle delta i Norge (unntatt Svalbard) større enn 250 dekar (Direktoratet for naturforvaltning, 2005b). Databasen er tilgjengelig på www.statkart.no/skme/produkt/delta/.

Hensikten med prosjektet var å bedre tilgjengeligheten av informasjon om elvedelta, slik at det kan medføre en bedre arealforvaltning. Elvedeltaprojektet inngår som en del av Miljøverndepartementets arealdokumentasjonsprogram (Direktoratet for naturforvaltning, 2005b).

På bakgrunn av dette er denne oppgaven ment å være et forslag til supplement av Elvedeltabasens klassifisering av ferskvannsdeltaer. Arbeidet med å oppgradere Elvedeltabasen finner sted i løpet av desember 2005, og det er ønskelig at oppgaven kan være et bidrag i denne sammenheng.

1.2 Målsetting og problemstilling

Oppgavens problemstilling er å gjøre en klassifisering av resente ferskvannsdeltaer på bakgrunn av planform (geomorfologi) sett fra kart og flybilder. Klassifikasjonens anvendelighet testes på norske ferskvannsdeltaer.

Et slikt arbeid er allerede forsøkt av DN i etableringen av Elvedeltabasen. I tillegg er andre klassifikasjoner fra faglitteraturen vurdert. På bakgrunn av den klassifiseringen som blir gjort, vil det bli gitt eksempler på gode norske referansedeltaer.

Klassifiseringen er begrenset til kun å omfatte resente ferskvannsdeltaer. Det er ikke lagt vekt på fysiske egenskaper til elveløpene som vannføring, vannets hastighet, mengde og type sediment, samt kornstørrelse. Gradienten vil imidlertid bli tatt i betraktning.

Faglitteraturens teori om hvordan ferskvannsdeltaer dannes er presentert i kapittel 2. Dernest gir kapittel 3 en oversikt over faglitteraturens og Elvedeltabasens klassifiseringsmetoder. Kapittel 4 presenterer en anvendbar klassifisering av ferskvannsdeltaer basert på planform ved hjelp av tilgjengelig verktøy som kart i serien M711 og Elvedeltabasens flybilder, satelittbilder, og CORINE Land Cover. En oversikt som beskriver gode referansedeltaer for hver enkelt klasse blir også fremlagt. I kapittel 5 blir resultatet av klassifikasjonen diskutert i forhold til teorien, og det blir sett på om metoden ved å bruke formentene kan være tilstrekkelig til å gjøre en klassifisering uten fysiske målinger. Konklusjonen er gitt i kapittel 6.

2. Teori om deltadannelse

2.1 Definisjon av ferskvannsdelta

Ordet delta ble først tatt i bruk av den greske filosofen Herodotus i år 490 f.k. som brukte den greske bokstaven Δ for å beskrive den triangulære formdannelsen av sedimentavsetningene ved munningen av Nilen (Boggs, 2001:321). I dag avhenger ikke betegnelsen kun av formen – de fleste deltaer er mer irregulære sammenlignet med Nildeltaet (jfr. figur 2.1).



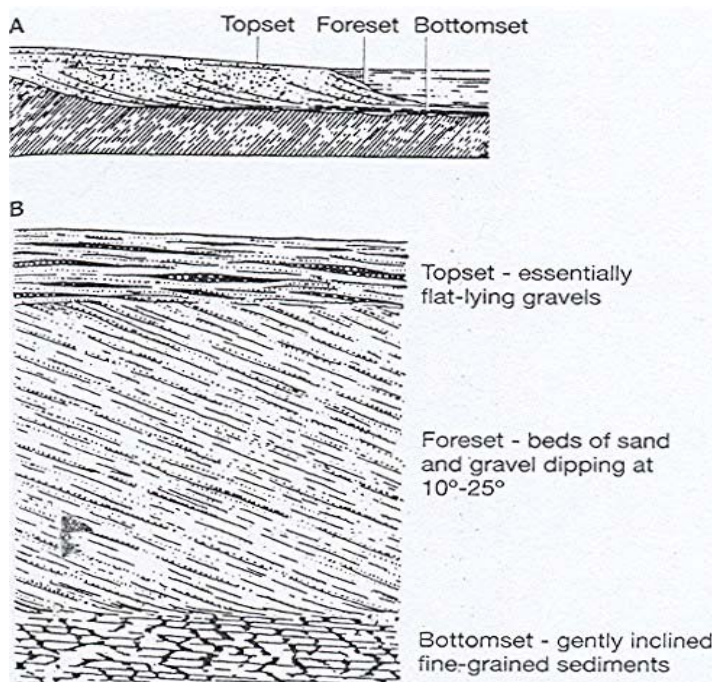
Figur 2.1 Nildeltaets karakteristiske form etter den greske bokstaven Δ . (Direktoratet for naturforvaltning, 2005c).

I faglitteraturen (f.eks. Galloway, 1981; Strahler og Strahler, 1994; Easterbrook, 1999; Boggs, 2001; Christopherson, 2005) beskrives et delta som en akkumulasjon av sedimenter avsatt av en elv i møtet med en innsjø. Deler av deltaet er synlig over vann (suberil/supraakvatisk deltaflate), mens mesteparten ligger under vann (subakvatisk deltaflate). Elvas utløp i innsjøen er nullpunktet. Det vil si at elvevannets hastighet, og dermed også dets transportkompetanse, reduseres idet elva treffer det stillestående vannet, og dermed avsettes sedimentene. Fallhastigheten til

materialet bestemmer sedimentasjonsraten, men generelt vil det grove materialet avsettes først på deltaflata og langs deltaskråningen, mens det suspenderte materialet hovedsakelig avsettes som bunnsediment ut i innsjøen.

De grunnleggende prinsippene for deltasedimentasjon ble presentert av G. K. Gilbert på slutten av 1800-tallet. Hans beskrivelse er fremdeles i høy grad akseptert og referert til i faglitteraturen. Tre ulike sedimentasjonslag beskriver Gilberts definisjon av deltadannelse. Stratifiseringen (jfr. figur 2.2) består av ei deltaflate, en deltaskråning, også referert til som marebakken, og et bunnlag. Det er en forutsetning for dannelse av bratte deltaskråninger (foreset beds, figur 2.2) at partiklene i bunntransport er større enn 0.18 mm. Partikler finere enn dette er suspendert materiale (Håkanson & Jansson, 1983:157). I intervallet 0.18-0.5 mm kan imidlertid partiklene veksle mellom suspensjon og bunntransport avhengig av strømningstilstanden (Bogen, 1984:5).

Gradienten av deltaskråningen avhenger av kornstørrelsen på materialet og dybdeforholdene i elvemunningen. Jo grovere sediment dess større gradient på deltaskråningen. Når bunntransporten stopper opp, vil avsetningen av det suspenderte materialet redusere gradienten av deltaskråningen. Denne har ifølge Håkanson & Jansson (1983:157) generelt en helning på 30-35°, og 10-25° helling ifølge den klassiske Gilbert-lagdelingen (figur 2.2). Hellingen avhenger som nevnt av kornstørrelse, i tillegg til grad av sortering, partikkelform og partikkeltetthet. Finere materiale som silt og leire reduserer hellingsvinkelen til deltaskråningen og øker graden av helling på bunnlaget (Håkanson & Jansson, 1983:157).

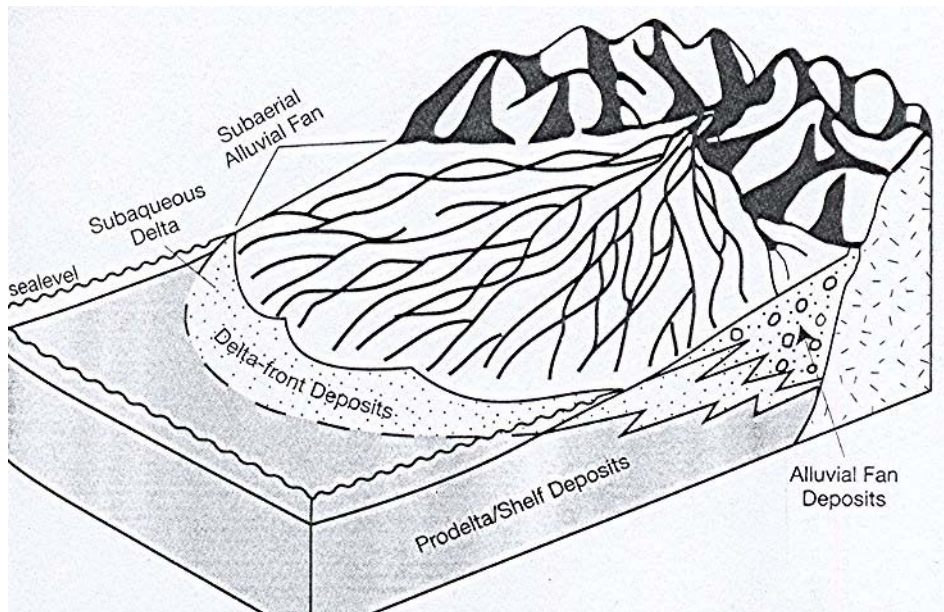


Figur 2.2 (A) Gilbert-deltaet; deltaflata (topset area), deltaskråningen (foreset area) og bunnlaget (bottomset area). (B) Idealisert profil og lagdeling gjennom et delta av grovt sediment. Hentet fra Boggs (2001: 327).

En av grunnene til Gilbert-deltaets anerkjennelse i faglitteraturen er evnen til å bli reproduisert i laboratorier. Ettersom studier har endret seg til å sette mer fokus på den delen av deltaet som ligger over vann, det geomorfologiske aspektet, har den klassiske terminologien til Gilbert blitt brukt mindre hyppig. Gilberts modell er fortsatt tilstrekkelig for mindre deltadannelser, men er vanskelig å anvende på store deltaavsetninger (Morgan, 1970:32).

2.1.1 Alluvial vifte, delta og viftedelta

Et mye omdiskutert tema er overgangsformen fra alluvial vifte til det som tilsynelatende ser ut som et delta. Termen "viftedelta" ble først introdusert av Holmes i 1965. Utleidet fra den originale definisjonen er det vanligste anvendte faguttrykket at viftedelta (jfr. figur 2.3) er en alluvial vifte dannet på land, men som ved pålagring av sedimenter har kommet i kontakt med vann (Nemec & Steel, 1988:3).



Figur 2.3 Viser en alluvial vifte som er gått over til å være et viftedelta. Hentet fra Boggs (2001:333).

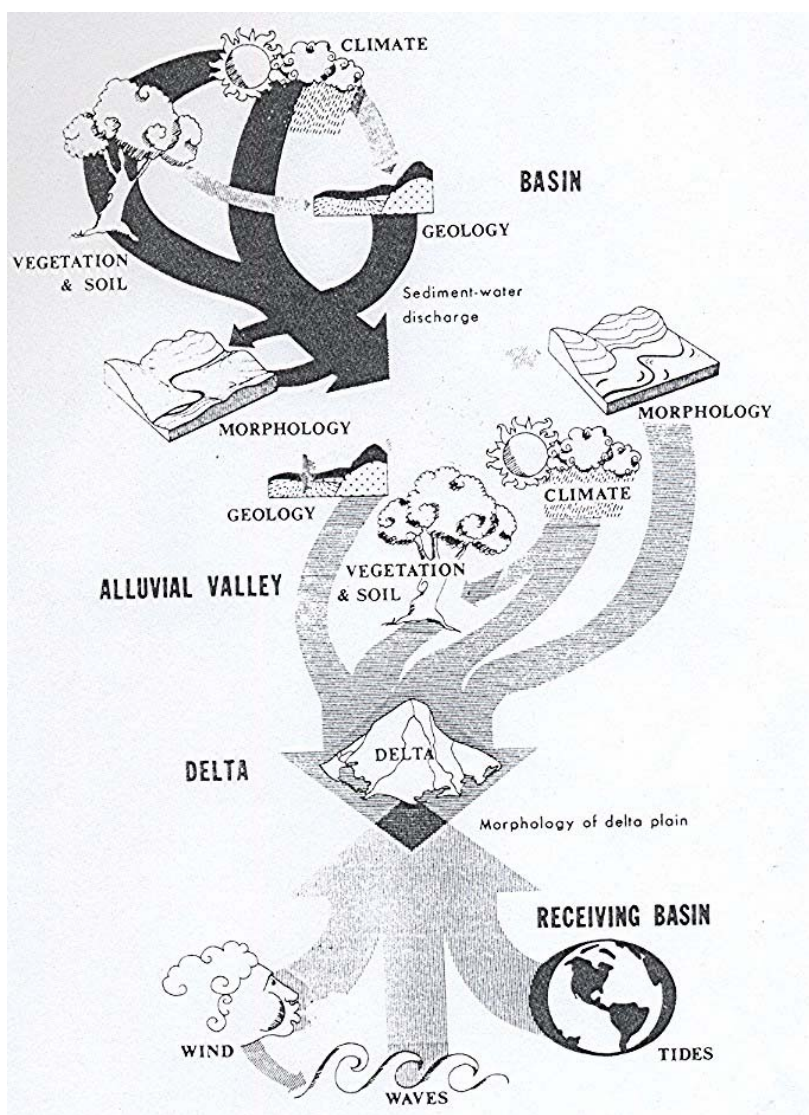
Ifølge Nemec (1990:3) bygger definisjonene av alluvial vifte og delta på hva som er deres hovedkilde til sedimenttilførsel. Bjørlykke (2001:55) beskriver alluviale vifter som avsetninger av sediment som er transportert av fluviale prosesser eller forskjellige former for massetransport, hvor sedimentene blir avsatt i daler eller skråninger nær erosjonsområdet. Sedimenttransporten følger bratteste vei nedover, og sedimentene spres ut som en vifte fra rotpunktet (apeks).

Det er foreløpig ikke kommet til vitenskapelig enighet om en klar definisjon verken internasjonalt eller nasjonalt. Oppgaven definerer delta som tidligere beskrevet utfra et nullpunkt. Det vil si der elva munner ut i en innsjø får den redusert hastighet og da også avtatt transportkompetanse, som gir sedimentering. Ei vifte derimot dannes ved at transportkompetansen avtar og materialet avsettes på grunn av en relativt brå endring i gradient, det vil si avtagende helning i terrenget.

Teoretisk sett er et viftedelta og et elvedelta to ulike former, men i praksis er det vanskelig å skille dem. Oppgaven går ikke nærmere inn i denne problemstillingen.

2.2 Faktorer som påvirker deltadannelse

Forutsetninger for oppbygging av et delta er at elvesystemet har en aktiv sedimenttransport. Videre må elva ha en kontinuerlig mulighet for tilførsel og avsetting av sediment, raskere enn eventuell bølgeaktivitet kan fjerne sedimentene. Figur 2.4 viser hvilke faktorer som har innflytelse på dannelsen av et delta, og interaksjonen mellom disse.



Figur 2.4 Et elvesystems kontrollerende faktorer for deltadannelse. Hentet fra Coleman & Wright (1981:104).

Et vassdrag kan grovt sett deles inn i tre områder; området med sedimentkilder, transportsonen og avsetningsområdet (Robert, 2003:10). Fjellelvne vil derfor ha et større område hvor det foregår erosjon, mens lavlandselvene vil utgjøre områder hvor materialet transporteres og sedimenteres. Dette gjelder typevassdrag, og er vanskelig å overføre til norske vassdrag.

De viktigste faktorene for deltadannelse er tilgangen på sedimentkilder og elvas transportbetingelser som bestemmes av nedbørfeltets hydrologi.

2.2.1 Sedimentkilder

Klimaet og nedbørfeltets relieff kontrollerer faktorer som vegetasjonsdekke, avrenning, og hydrologisk regime. I Norge, bortsett fra i kystsonen, dominerer fjellregime (H_1L_1) og innlandsregime (H_2L_1) (figur 15.3 i Nordseth, 1995:164). H_1 betyr dominerende smelteflom, og at de tre månedene med høyest middelavløp forekommer om våren eller forsommeren. L_1 er ensbetydende med dominerende vinterlavvann på grunn av snøakkumulasjon, der de to laveste månedsavløp skjer om vinteren eller tidlig vår. H_2 er overgang til sekundær regnflom der andre eller tredje høyeste månedsavløp inntreffer om høsten. Utgangspunktet for inndelingen i regimer er definisjoner av flom- og lavvannsperioder (Nordseth, 1995:163).

For typevassdrag gjelder det at innen ethvert klimatisk regime vil jo større lokalt relieff bety dess større sedimentmengde. Et stort relieff er vanligvis assosiert med elveløp som har en effektiv vann-sediment avrenning, og bratte gradienter som generelt resulterer i forgreinete løp. Materialet i slike elveløp vil ha en aktiv utskiftning, og være dårlig sortert (Coleman & Wright, 1981:105). Spesielt for vassdrag i Norge, derimot, er sedimentforekomster forbundet med isavsmeltingen. De viktigste sedimentkildene vil være morene- og glasifluvialt materiale, bresjøsedimenter og marin leire. Erosjonsmateriale fra isbreer, korttransportert rasmateriale og prosesser i alluvialt materiale vil også være av betydning.

Marin leire har stor utbredelse i områdene på Østlandet og i Trøndelag. Dette er tykke lag av sedimenter som er avsatt i områder som har vært dekket av hav etter siste istid. Det høyeste havnivå vi har hatt i et område kalles marin grense, og denne er høyest i områdene hvor istrykket var størst. Ifølge Skjeseth (1974:63) er maksimal grense på 220 m.o.h. Ustabile elveløp i marin leire vil ofte være store sedimentkilder (Smith-Meyer, 1995:59). Ifølge Nordseth (1974, lest i Bogen, 1984:10) kan leirelvene på Østlandet ha en erosjonsintensitet som kan være av samme størrelsesorden som de minste breene med opptil $450 \text{ tonn/km}^2/\text{år}$, mens den er langt lavere (ca. $6 \text{ tonn/km}^2/\text{år}$) i de skogbevokste moreneområdene på Østlandet. Isbreene har den mest intense materialproduksjonen, varierende fra ca. $100 \text{ tonn/km}^2/\text{år}$ til $4000 \text{ tonn/km}^2/\text{år}$ (Bogen, 1984:10).

Massebevegelse forårsaket av elvers undergraving i skråninger av glasifluvialt materiale, eksempelvis terrassekanter og eskere, er av stor betydning. Denne prosessen inntreffer om våren under snøsmeltingen når skråningen er mettet av vann og vegetasjonsdekket er mindre utviklet enn senere i sesongen (Bogen, 1984:44).

Bresjøsedimenter er materiale avsatt da rester av innlandsisen demmet opp smeltevannet fra breen og førte til at hele dalsystemer kunne bli oversvømt. Dette materialet er sortert i motsetning til annet glasifluvialt materiale, og det er for en stor del sideelvene som skjærer seg ned gjennom dette fínsedimentet og transporterer det videre nedover i vassdraget.

Hva slags sedimentkilder som er tilgjengelige i et nedbørfelt er avgjørende for deltadannelsen, da kornstørrelsen på materialet som transporteres ut til sedimentasjonsområdet er en formdannende faktor.

2.2.2 Hydrologi

Nedbørfeltets hydrologi er bestemmende for elvas transportbetingelser. Ifølge Bogen (1984:10) er bunntransporten i de fleste norske vassdrag knyttet til de store flommene. Flommene styrer elvas transportkompetanse og mengden sediment som

blir transportert. I perioder med lav vannstand vil sedimentmengden og partikkelstørrelsen på sedimentet avta på grunn av elvas reduserte transportkompetanse. Motsatt følger ved flom, hvor elva kan transportere større partikler og mer sediment. Elvas transportbetingelser vil også variere sterkt avhengig av elvas gradient. Det er vekslinger mellom elvestrekninger med elvesletter med rolige strømforhold til fosser og stryk i fast fjell. Tilførselselvene har større fall enn hovedelven, og gjør at det kan tilføres materiale som ikke kan transporteres videre nedstrøms (Bogen, 1984:10).

Flomhyppigheten og hvor store flommene er avhenger av vassdragets hydrologiske regime og dets selvregulerende effekt. Brevassdrag vil ha store sesongmessige variasjoner i vannføringen, i tillegg til at store døgnlige variasjoner kan forekomme. Dette er fordi breene lagrer et stort vannvolum som øker eller minsker etter forholdet mellom nedbør, temperatur og tid (Smith-Meyer, 1995:28). Brerike nedbørfelt har derfor store vår- og sommerflommer, og mesteparten av sedimenttransporten vil foregå i denne perioden, mens høstflommer preger lavlandsvassdragene.

Innsjøer har stor flomdempende effekt, særlig i nedre deler av vassdraget. I tillegg til at bunntransportert materiale vil avsettes i innsjøen. Atnsjøens nedbørfelt, eksempelvis, har ingen flomdempende innsjøer. Det gjør at flommer med skarpe flomtopper hyppig forekommer (Bogen 1984:44).

2.3 Kontrollerende faktorer for deltaets form

Det som bestemmer formen av et delta er resultatet av interaksjoner mellom følgende faktorer; sedimenttilførselen fra elva, tetthetsforskjeller i vannmassene, innsjøens geometri og dynamikk, vindregimet og menneskelige påvirkninger. I områder med tektonisk aktivitet vil dette være nok en formdannende faktor. Slike prosesser vil kunne medføre endringer i sedimentasjonsområdet. Tektoniske prosesser vurderes ikke i denne oppgaven, da resente norske deltaer ikke utsettes for slik aktivitet.

2.3.1 Sedimenttilførsel

Tilførselen av sediment til et delta avhenger av flere komponenter og sammenhengen mellom disse. Erosjonsområdet bestemmer sammensetningen og kornstørrelsen på sedimentene som elvene transporterer ut til deltaet. Det vil si kornstørrelsen og mengde sediment er det vannføringen som kontrollerer.

På hvilken måte sedimentpartiklene blir transportert avhenger av partikkelstørrelsen og intensiteten til vannføringen. Transporten kan foregå på tre ulike måter; ved bunntransport, i suspensjon eller som kjemisk oppløst materiale. Sistnevnte har ingen påvirkning for deltadannelse og ses bort fra i denne sammenheng. Bunntransport vil si at sedimentene beveger seg ved rulling langs bunnen eller ved saltasjon som betyr at de hopper langsetter bunnen. Kornstørrelsen på det bunntransporterte materialet er alt fra blokker til medium sand. Partikler finere enn dette fraktes i suspensjon. Det betyr at materialet holdes svevende av turbulente strømminger. Vannets strømhastighet og grad av turbulens, samt partiklenes fallhastighet avgjør hvor mye materiale som kan holdes i suspensjon (Bogen, 1984:5).

Transportsonen bestemmer om materialet tilføres sedimentasjonsområdet som bunntransportert og/eller suspendert materiale. Bunntransport er en nødvendighet for dannelsen av klassiske deltaer, men er på ingen måte ensbetydende med denne deltatypen. Elveløp kan i tilfeller ha tilførsel av bunntransport og likevel utvikle suspensjonsdelta. Sammenhengen mellom sedimenttilførsel, transportfase og deltaets form utgreies nærmere i kapittel 4.1.

Et karakteristisk trekk ved mange norske fjellvassdrag er at det utvikles et dekk sjikt av stein i elveleiet. Dette dekk sjiktet av grovmateriale virker som et armeringslag og hindrer erosjon av underliggende materiale. Først når dekk sjiktet settes i bevegelse under store vannføringer (flom) vil transporten være fullt utviklet (Bogen, 1984:10).

De fleste elver har, som beskrevet i kapittel 2.2.2, betydelige sesongmessige og årlige variasjoner i vannføringen. Ifølge Bogen (1984:18) kan tidspunktet for flommene

bety mer enn størrelsen, fordi bankene tåler mindre stress når de er våte enn når de er tørre.

Tilførselen av sedimenter vil variere med tiden på grunn av kildenes erosjonsintensitet, og ifølge Bogen (1984:15) er derfor sedimenttransporten ikke alltid en entydig funksjon av vannføringen. Morenedekket kan eroderes vekk med årenes løp, og breer kan øke eller minske i volum. Endring i erosjonsintensiteten får konsekvenser for elvestrekningene nedstrøms i vassdraget og løpssystemene må innstille seg på ny likevekt (Bogen, 1984:11).

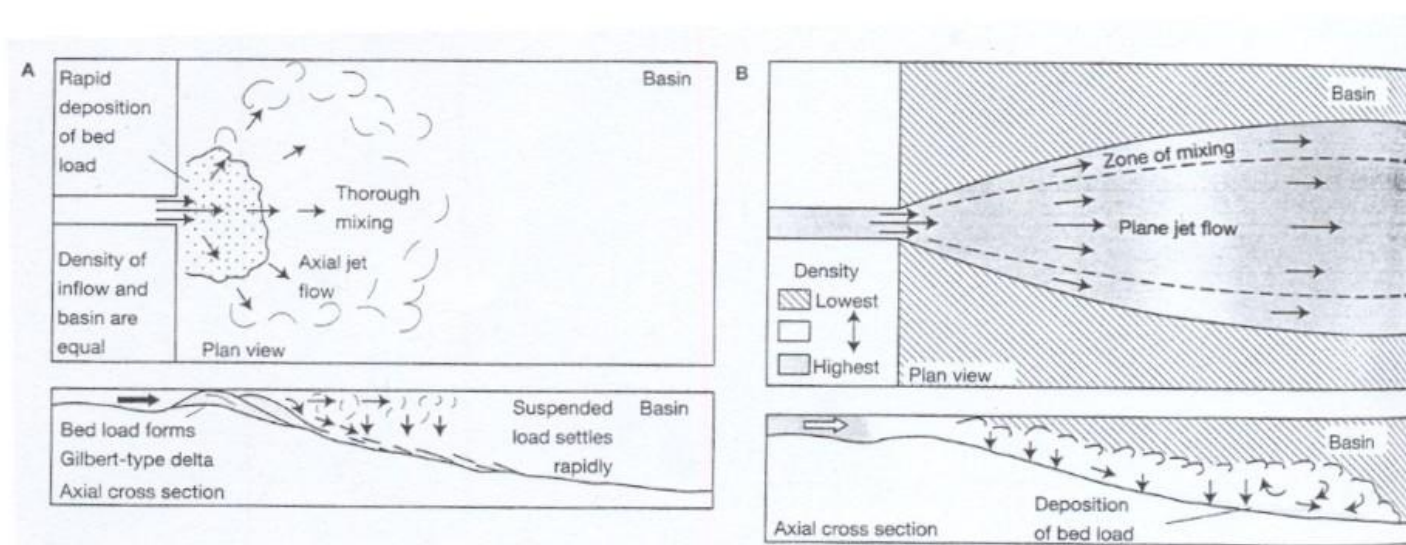
2.3.2 Jetstrømmer

Tetthetsforskjeller mellom elvevannet og innsjøen som elva renner ut i, har betydning for måten sedimentene avsettes på. I den opprinnelige ”jetstrøm-teorien” fremstilt av Bates i 1953, skulle deltaets form kunne klassifiseres etter tetthetsforskjellene mellom det innstrømmende vannet fra elva og vannet i innsjøen. Dette strømningsfeltet er imidlertid bare én av mange variable som har betydning for deltautviklingen. Strømningsfeltet som oppstår ved ei elvs utløp i en innsjø har en viss likhet med forløpet i en fri jet, derav navnet jetstrøm (Bogen, 1984:68).

To typer jetstrømmer (turbulensstrømmer) er observert (jfr. figur 2.5). Den første kalles planjeten (the plane jet), hvor blandingen av vannmassene er todimensjonal langs et horisontalt plan, og den andre er den aksiale jetstrømmen (the axial jet), hvor blandingen er tredimensjonal. Turbulente virvler medfører blandingen av vannmassene i en jetstrøm som består av to ulike soner; (1) sonen hvor vannstrømmen etableres som er karakterisert av en strømningskjerne med konstant hastighet, og (2) sonen med etablert strømning, hvor turbulente virvler dominerer i hele bredden, og strømningshastigheten gradvis avtar med økt avstand fra elvemunningen (Andrén, 1994:24).

Hvilken type jetstrøm som dannes avhenger av tetthetsforskjellene mellom det innstrømmende elvevannet og vannet i innsjøen. Elvevann som renner ut i en innsjø

med vann av omtrent lik tetthet vil føre til homopyknal strømning som har strømningsmønster som en aksial jet. Det vil si en hurtig og grundig blanding av vannmassene og en rask avsetning av størsteparten av sedimentmengden. En slik type strømning er vanlig ved utløpene av elver med grovt sediment, og er antatt å være årsaken til dannelsen av Gilbert-deltaer ifølge Boggs (2001:326). Dersom elvevannet er tyngre enn vannet i innsjøen, som eksempelvis elvevann med mye suspendert materiale og/eller kaldt glasielt elvevann, vil den vertikale blandingen være hemmet, og elvevannet vil strømme ned langs bunnen av deltaskråningen som en turbiditt eller tetthetsstrøm. Denne kan erodere deltaskråningen og sedimentet vil omsider avsettes nederst på deltaskråningens slakeste del. Dette kalles hyperpyknal strømning og har strømningsmønsteret til en planjet (Andrén, 1994:24). I små innsjøer med stor gjennomstrømning er forskjellen i temperatur av mindre betydning. Det dominerende bidraget til tetthetsforskjeller vil da være suspensjonsmaterialet (Bogen, 1984:69).



Figur 2.5 Jetstrømmer sett ovenifra og i profil; (A) homopyknal strømning og (B) hyperpyknal strømning. Hentet fra Boggs (2001:326).

Ifølge Axelsson (1967, lest i Andrén, 1994:26) gir jetstrøm-teorien en god forklaring på strømningsmønsteret og avsetningsmønsteret ved deltafronten, men følgende faktorer spiller også en viktig rolle; innsjøens geometri og dynamikk (kapittel 2.3.3), vind- og bølgeaktivitet (kapittel 2.3.4) og menneskelige inngrep (kapittel 2.3.5).

2.3.3 Innsjøens geometri og dynamikk

Deltaets formdannelse vil avhenge av innsjøens form, størrelse (overflateareal), dybdeforhold og dynamikk. De to førstnevnte faktorene bestemmer deltaets vekst. Dybdeforholdet og dynamikken påvirker sedimentasjonsraten. I små innsjøer/vann, hvor vind- og bølgeaktiviteten er ubetydelig, vil avsetningen skje umiddelbart ved utløpet. I større åpne innsjøer vil vinden få tak og generere bølger som medfører erosjon av deltafronten og en redistribusjon av finsedimentet. Innsjøens hydrologiske strømningsmønster vil også ha sterk påvirkning på sistnevnte. Dette strømningsmønsteret gir stor arealmessig variasjon i avsetningsraten (Håkanson & Jansson, 1983:172). Dybdeforholdet er også avgjørende for spredningen til en eventuell suspensjonsjet. Er innsjøen grunn vil en suspensjonsjet ha større hastighet enn hva den ville hatt ved større dyp, noe som betyr at spredningen av sedimentet øker (Bogen, 1984:48). En dyp innsjø vil også hindre dannelsen av Gilbert-lagdelingen, med topset, frontset og bottomset beds, til tross for at elva frakter med seg store mengder bunntransportert materiale. Det vil istedenfor dannes en slak kurve ned mot bunnen av innsjøen, på grunn av sedimentets gravitasjon som fører til massebevegelse (Bogen, 1984:56). Ifølge Smith (1991, lest i Andrén, 1994:22) er det mest vanlig at klassiske deltaer med Gilbert-lagdeling dannes i forholdsvis dype fjellvann hvor sedimentavsetningen kommer fra elver med små nedbørfelt som resulterer i små deltaer.

2.3.4 Bølgeaktivitet og eoliske prosesser

Et delta formes som en interaksjon av fluviale prosesser og prosesser i innsjøer. Selv om innsjøer refereres til som stillestående vann vil vind kunne forårsake bølgeaktivitet som kan påvirke deltaets utforming. Dette avhenger naturligvis av innsjøens størrelse. Bølgestørrelsen vil avhenge av vindens hastighet, retning og varighet. Bølgeaktiviteten vil føre til erosjon av deltafronten, men den vil også hjelpe til å holde finkornet sediment i suspensjon. Strømninger vil spre dette materialet sideveis hvor det kan danne strandvoller (Coleman & Wright, 1981:111).

Vind kan føre til eolisk transport av sedimenter over deltaflata. En avgjørende faktor for slik sedimenttransport er graden av vegetasjonsdekke på deltaflata, som igjen avhenger av klimaet og høyde over havet. Det betyr at eoliske prosesser spiller en dominerende rolle i redistribusjon av deltasedimenter hvor vegetasjonsdekket er lite eller fraværende (Morgan, 1970:34). Eksempelvis har deltaet ved Bøvrås utløp i Ottavatn, betydelig eolisk sedimenttransport. På østsiden av elvemunningen er glasifluvialt materiale blåst opp på land til en ca. 5 m høy, 800 m lang og 100-150 m bred sandrygg (Direktoratet for naturforvaltning, 2005d).

2.3.5 Menneskelige inngrep

Inngrep i vassdrag blir i DN-håndbok 9 (1994:10) sett på som ”en samlebetegnelse på fysiske tiltak som foregår direkte i vannstrengen eller i kantsonen som hører naturlig sammen med vassdraget”. Eksempler på slike inngrep er utfyllinger til industriformål og kaianlegg, oppdyrking til jordbruksareal, grustekt, forbygning, veibygging langs vassdrag, kanalisering, opprensning i elveløpet, fjerning av kantvegetasjon og regulering. De forskjellige inngrepene påvirker og endrer naturtilstanden i vassdraget. Effektene vil kunne være kortsiktige, men vil også kunne vare over lang tid.

Konsekvensene av slike inngrep kan være økt strømhastighet, dette på grunn av innsnevring av elveløpet ved eksempelvis utfyllinger og veibygging. I tilfeller hvor elva utsettes for grustekt, vil konsekvensen i det aktuelle området kunne være økt

erosjon. Både veibygging langs vassdraget og masseuttak (grustekt) vil blant annet kunne føre til økt sedimenttransport nedstrøms inngrepsområdet (DN-håndbok 9, 1994:14-23).

Vannkraftregulering er et utbredt inngrep i norske vassdrag. Både elver og innsjøer reguleres, og begge deler medfører store endringer i naturens likevekt. Regulering av vassdrag medfører et jevnt vannføringsregime, hvor de årlige og sesongmessige variasjonene dempes. Dette er en varig konsekvens med innvirkning på opprettholdelsen av deltaer, da jevnere vannføring medfører reduksjon av transportkompetansen som betyr begrenset sedimenttilførsel. Er derimot innsjøen regulert, vil deltaet påvirkes ved at innsjøen får unormal vannstand i forhold til sesong. Det er på vårparten, omkring april, det meste av flomaktiviteten og dermed også sedimenttransporten foregår. Dersom innsjøen ligger lav da, vil vannflatas bratthet mellom elva og innsjøen kunne medføre erosjon, da større mengder bunntransport blir fraktet lenger ut i innsjøen (Nordseth, pers.medd.).

Deltaer er spesielt sårbare for inngrep, da de påvirkes både fra land, vassdraget og innsjøen. De er en del av en dynamisk likevekt som i prinsippet stadig er i endring med basis i naturlige prosesser som flom og isgang (Direktoratet for naturforvaltning, 2005c).

3. Metode

3.1 Klassifisering

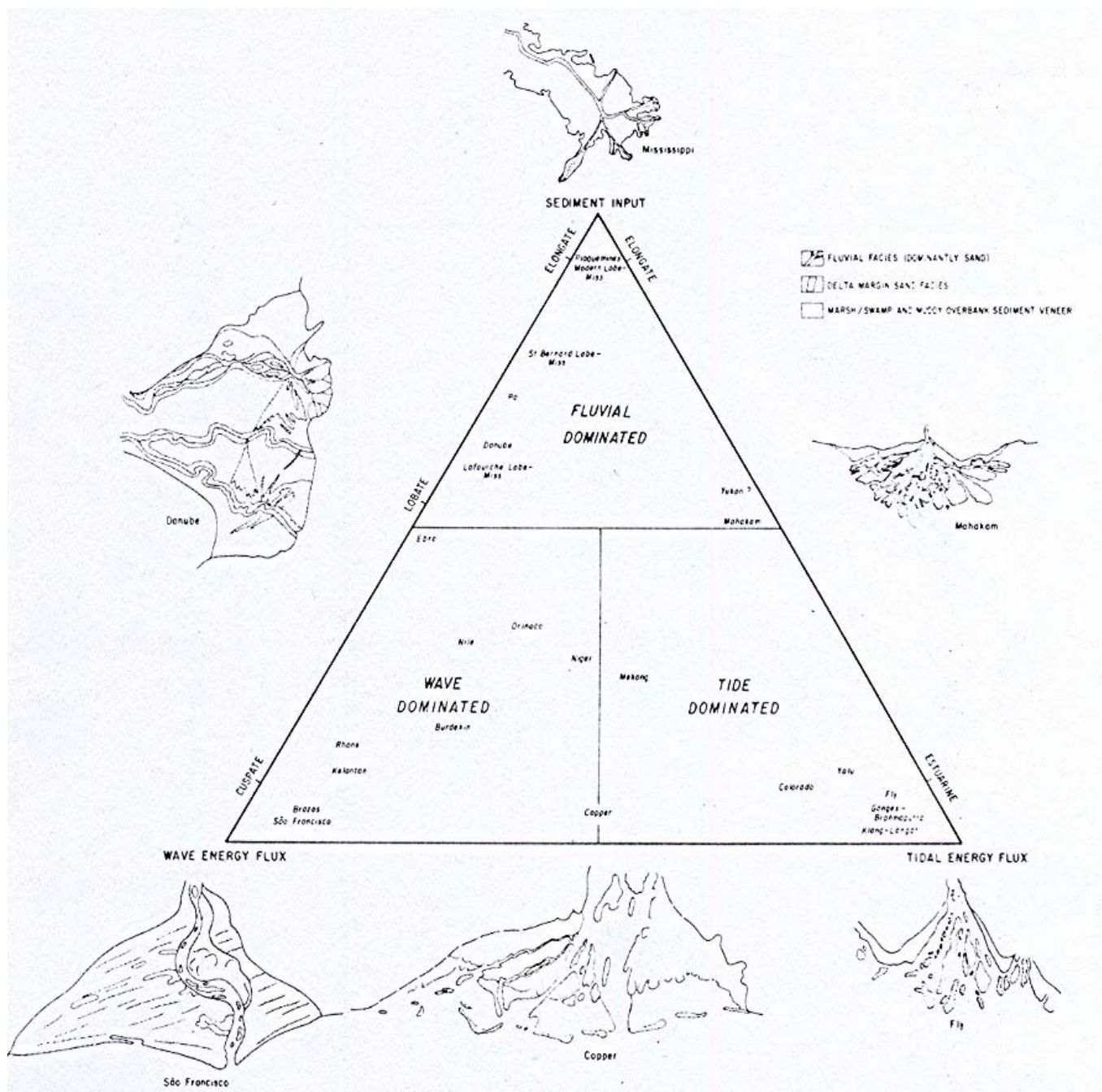
Oppgaven søker å kunne gi en anvendelig klassifikasjon av ulike deltatyper kun basert på planform. Det finnes ingen konkret enighet om en universal fremgangsmåte for klassifisering, og deltatyper blir svært ulikt beskrevet ut fra ulik faglig bakgrunn. Eksempelvis er geologer opptatt av deltaenes indre struktur (stratigrafi) på grunn av oljen, økologer interesserer seg for deltaene som habitat, og definerer dem ut i fra flora og fauna, mens for geografene er det geomorfologiske aspektet som er i fokus. Ifølge Andrén (1994:19) kan elvedelta klassifiseres på flere ulike måter basert på; formen av deltaet, om elva har utløp i hav eller innsjø, om tidevannet influerer etc. Videre beskriver han en klassifisering som enten deskriptiv eller genetisk, hvor den første er basert på formelementer, og sistnevnte forklarer forhold og viser hvordan ulike prosesser vil utvikle seg basert på lokalitetens eksisterende faktorer. Internasjonalt er det fremsatt flere teorier for klassifikasjon av deltatyper, nasjonalt derimot er et fåtall arbeider gjort.

Postma (1990:18) betrakter følgende som hva som bør være basis for en universell deltaklassifikasjon; (1) karakteren på det materialet som et delta mottar ("feeder system"), (2) dybdeforhold, (3) elvemunningsprosesser og (4) spredningsprosesser i forhold til bølger, tidevann og tyngdekraft. "Feeder system" inndeles i fire kategorier fra A-D; Type-A er alluviale systemer som generelt er dominert av grus, og med en svært bratt gradient. Raskjeglene kan i ekstreme tilfeller ha en hellingsgrad på 20-30°. Elvesystemet er preget av hyppige kortvarige flommer, er relativt små i radius og formes langs forkastningssoner og fjordkanter. Type-B beskrives også som et elvesystem med bratt gradient hvor størstedelen av sedimentet er grus. Elveløpet domineres følgelig av bunntransport, er svært ustabil på grunn av elveløpenes tette distribusjon, og tilfører deltaet store mengder materiale. Eksempler er sandursletter og forgreinete elveløp som renner ut i fjorder eller innsjøer. Dette kan imidlertid ikke

klassifiseres som deltaer ifølge skrivende forfatter (jfr. samme kapittel, avsnitt 12) . Type-C har moderat gradient, materiale av grus og sand, et relativt stabilt elveløp grunnet løpenes spredning (vidde), og stabiliteten i utløpene er ofte forårsaket av vegetasjon på midtbanker og munningsbanker. Siste kategori er type-D som karakteriseres med lav gradient, høy stabilitet i elveløpet på grunn av løpenes vide romlig fordeling og størst andel suspendert materiale. Denne typen forekommer i kystnære områder med utstrakt lavlandstopografi hvor elveløpene har en tendens til å pålagres i isolasjon. Denne utviklingen av ellevoller danner et fuglefot-mønster. Det understrekes at det finnes overgangssoner mellom de ulike deltatypene A-D, og at en endring i vannføring eksempelvis, kan gi overgang fra en type delta til en annen (Postma, 1990:15-16).

En praktisk og universal klassifisering av delta bør ifølge Nemec (1990:6) være basert på lett gjenkjennelig deskriptiv karakteristika. Dette i motsetning til vage spesifiserte tolkninger eller mer komplekse slutninger av opprinnelse og utvikling.

Følgende klassifikasjonsmetode er utviklet av Galloway i 1975, og refereres til som delta-front regimet (Orton & Reading, 1993:476). Den er svært velbrukt i faglitteraturen (f.eks. Galloway, 1981; Orton, 1988; Orton & Reading, 1993; Andrén, 1994; Boggs, 2001). Figur 3.1 viser klassifiseringens 3 hovedtyper.



Figur 3.1 Galloways triangulære klassifisering ved bruk av delta-front regimet. Metoden deler inn deltaer i fluvialdominerte, bølgedominerte og tidevannsdominerte typer. Deltaenes morfologi bestemmes av sedimenttilførsel, bølgeaktivitet og tidevannsaktivitet. Hentet fra Galloway (1981:92).

Ifølge Andrén (1994:20) stammer denne kategoriseringen av deltatyper fra Fisher *et al.* (1969), hvor deltaene ble inndelt som "high-destructive" og "high-constructive". Denne inndelingen ble gjort på bakgrunn av en kvalitativ sammenligning hvor deres

planform avgjorde om de var destruktive eller konstruktive deltaer. Førstnevnte betyr at materiale eroderes på grunn av dominerende bølge- og tidevannsaktivitet, noe som medfører en tendens av stabilitet på deltaflata fordi fjerning av sedimenter hindrer blokking og dermed behovet for at elva tar nye løp. Konstruktive deltaer derimot, er dominert av høy sedimenttilførsel som forårsaker pålagring, da kraftig bølgeerosjon og tidevannsaktivitet er fraværende.

Bjørlykke (2001:73) benytter samme metode som Fisher (1969) og skiller mellom konstruktive og destruktive deltaer. De konstruktive refereres også til som fluvialdominerte deltaer, og de destruktive inndeles i to endeledd; bølge- og tidevannsdominerte deltaer som begge er marine deltaer.

Orton videreutviklet delta-front regime teorien i 1988 ved å ta med dominerende kornstørrelse som fraktes ut til deltafronten. Dette fordi bare deltaer med samme kornstørrelse burde bli sammenlignet (Andrén, 1994:20). Kornstørrelsen ble vurdert som en kritisk faktor for formdannelsen og derfor inkorporert i Galloways diagram (Orton & Reading, 1993:476).

Direktoratet for naturforvaltning (2005e) gjør bruk av en deskriptiv metode for å klassifisere deltatyper hvor deltaene i hovedsak er vurdert ut fra overflateformer og løpsmønstre basert på tilgjengelige kart og flybilder. Det blir beskrevet at deltaene ofte finnes i ulike overgangsformer, og at de kan ha endret karakter på grunn av vassdragsregulering. Følgende 6 klasser er beskrevet i Elvedeltabasen: klassisk delta, fuglefotdelta, myrdelta, forgreinet elv, estuarium, og gruntvannsdelta (Direktoratet for naturforvaltning, 2005e). Kun de fire første deltatypene blir redegjort for, da de to sistnevnte er marine deltaer, og derfor ikke har noen hensikt i henhold til oppgavens målsetting.

Ifølge Direktoratet for naturforvaltning (2005e) er klassiske deltaer den vanligste deltatypen i Norge, men med en svært varierende overflateform. Kjennetegn ved denne deltatypen er dominans av bunntransportert materiale (sand, grus, stein). Bankedannelser indikerer at materialet i elva går som bunntransport. Nedre del av

deltaflata er ofte sterkt forgreinet, og midtbanker kan opptre i elveløpet. Munningsbanke og apexbanke, respektivt plassert i elvemunningen og i rotpunktet av deltaet, er i tillegg karakteristiske formelementer. Denne deltatypen inkluderer Gilbert-deltaer og "arcuate" deltaer. Terrassedannelser på elvesletten er vanlig langs elva (Direktoratet for naturforvaltning, 2005e).



Bilde 1 Strandaelvas utløp i Lønavatnet. Klassisk delta med karakteristisk munningsbanke og bankedannelse. Hentet fra Direktoratet for naturforvaltning (2005e); ortofoto av Fotonor AS 04.09.1993.

Fuglefotdelta karakteriseres av en forgreinet deltafront hvor levéer utvikler seg langs løpet/løpene (bilde 3.2). Lokale forhold styrer forgreiningen som ikke alltid er like utpreget. Dominerende sedimenttransport er suspendert materiale. Nedre del av elveløpet har vanligvis lav gradient med meandring. Deltafronten har også slak gradient og gruntvannsområder preger større areal utenfor deltaet (Direktoratet for naturforvaltning, 2005e).



Bilde 2 Tufsingas utløp i Femunden viser et velutviklet fuglefotdelta. Hentet fra Direktoratet for naturforvaltning (2005e). © Fjellanger Widerøe AS, flyfotodato: 23.06.1977, flyoppgave: 5485-000020.

Direktoratet for naturforvaltning (2005e) karakteriserer myrdelta som deltaer i fjell- eller skogområder med relativt liten materialtransport i vassdraget, noe som gir mulighet for dannelselse av torv/myr og forsumpning på elvesletten. Torvdannelsen i myrene vil ofte ha lag av mer mineralholdig materiale avsatt i flomsituasjoner, slik

som sand og silt. Myrdelta har ofte et meanderende løpsmønster med kroksjøer, små sjøer og tjern (jfr. bilde 3.3) (Direktoratet for naturforvaltning, 2005e).



Bilde 3 Hydøla/Smådøla i Oppland er et myrdelta. Direktoratet for naturforvaltning (2005e). © Fjellanger Widerøe AS, flyfotodato: 06.08.1983, flyoppgave: 7916-E5.

Direktoratet for naturforvaltning (2005e) sin siste kategori av ferskvannsdeltaer er forgreinet elv. Dette er elveløp med betydelig sedimenttransport som kommer ut i et videre område med lavere gradient, som følgelig opptrer som et sedimentasjonsbasseng. Det blir dannet et forgreinet løpsmønster, og det transporterte materialet blir avlastet i en rekke midtbanker og sidebanker, som gjør at naturtypen har preg som et deltaområde. Koppangsøyrene i Glommas vassdrag er brukt som eksempel (bilde 3.4) (Direktoratet for naturforvaltning, 2005e). Til tross for at denne naturtypen har preg som et deltaområde, er det ikke forutsetning nok til å bli klassifisert som et delta. Her eksisterer ingen innsjø, kun en utvidelse av elveløpet. Ifølge faglitteraturen, som referert til i kapittel 2.1, beskrives et delta som en

akkumulasjon av sedimenter avsatt av en elv i møtet med en innsjø. Et annet eksempel på en naturtype som bærer preg av et delta, men likevel ikke kan klassifiseres som det, er sandurflater.



Bilde 4 Koppangsøyrene i Glommas vassdrag danner et forgreinet løp. Direktoratet for naturforvaltning (2005e). © Fjellanger Widerøe AS, flyfotodato: 26.05.1995, flyoppgave: 11808-C16.

Det presenterte utvalget av klassifiseringer viser at det nesten er like mange måter å klassifisere på som det er forfattere som har gjort en klassifikasjon. Ifølge Mosley (1987, lest i Nordbø 1991:8) har geomorfologer lenge anvendt klassifisering, da en klassifikasjon av landskap betyr at det finnes teorier eller hypoteser om dannelsen av objektene.

En deskriptiv klassifisering er benyttet i denne oppgaven da målet er at klassifikasjonen skal være anvendelig.

3.2 Verktøy

Hovedkildene for klassifiseringen har vært flybilder og kartblad i Norges topografiske hovedkartserie M711 i målestokk 1:50 000. Kartbladene refereres til fortløpende i teksten, og flyoppgave og flybilledato er nevnt i alle bildetekstene. Ut over det er følgende datakilder benyttet:

Elvedeltabasen

Elvedeltabasens flybilder, ortofoto, satelittbilder og CORINE Land Cover er benyttet. Sistnevnte er et program som overvåker lands arealdekke. Det er etablert i de fleste europeiske land, og arbeidet koordineres gjennom det europeiske miljøbyrået (EEA) (Direktoratet for naturforvaltning, 2005f).

Elvedeltabasen inneholder 118 norske ferskvannsdeltaer (jfr. vedlegg 1) som hvert enkelt er vurdert i forhold til planform på bakgrunn av Elvedeltabasens tilgjengelige verktøy. Begrensninger er gjort ved at bare deltaer over 250 dekar er tatt med.

I Elvedeltabasen er blant annet følgende regler (punkt 1 og 2) benyttet for avgrensning av deltaene, og de samme reglene er gjeldende for denne oppgaven:

1. Der hvor marebakken kan identifiseres, er denne benyttet som ytteravgrensning.
2. Sideavgrensning er satt til der terrenget begynner å stige. Generelt er hele deltaflata tatt med.

Bakenfor deltaets rotpunkt blir løpsmønsteret og spesielle formelementer beskrevet, dersom det er av betydning for klassifiseringen av deltaet.

Portalen Norge i bilder (www.norgeibilder.no)

Denne portalen, driftet av Statens kartverk, tilbyr ortofoto av Norge på nettet. Flere av bildene i oppgaven er hentet herfra. Den største fordelen med tjenesten er

valgfriheten av avstand til terrenget/objektet – man kan zoome inn og ut etter eget ønske.

Faglitteratur

På bakgrunn av et faglitteraturstudie er andre klassifiseringer vurdert enn den beskrevet i Elvedeltabasen.

Befaring

En dagsekskursjon ble foretatt 29.juni 2005 for å få trening i å kunne se samsvar mellom elvedelta beskrevet i teorien og slik de opptrer i praksis. Befaringen hadde følgende lokaliteter; Øyeren-deltaet, Hurdalsdeltaet (Knaimyrene) og Dokka-deltaet.

4. Resultater

4.1 Klassifikasjon av deltatyper

På bakgrunn av de undersøkelser som er gjort med tilgjengelig verktøy presenteres følgende typer ferskvannsdeltaer:

- Klassisk delta
- Suspensjonsdelta
- Fuglefotdelta
- Fuglefotdelta i myr
- Myrdelta

Deltatypene er satt inn i et diagram (jfr. tabell 2) for å få en enkel oversikt over klassene og deres tilhørende løpsmønster, gradient og planform. Det er viktig å poengtere at det finnes overgangsformer mellom klasser. Et delta kan skifte form over tid. Deltaer er dynamiske systemer hvor menneskelig inngrep, eksempelvis regulering eller naturlige endringer i sedimenttilførsel, har stor betydning. Det vil derfor forekomme deltaer som har formelementer med særpreg av flere deltatyper, og disse lar seg vanskelig klassifisere kun basert på planform. Det vil i slike tilfeller være relativt stor usikkerhet knyttet til klassifikasjonen. Resultatet av den klassifikasjonen som er gjort, samt usikkerhet i resultatene blir redegjort for i kapittel 5.

Tabell 2 Klassifikasjon av ferskvannsdeltaer med tilhørende kjennetegn som dominerende løpsmønstre, sedimenttransport, og formelementer.

Deltatype	Løpsmønster	Sedimenttransport	Formelementer (gradienten er også tatt med)
<i>Klassisk delta</i>	Forgreinet, men også samlet og/eller meanderende/løp med høy sinuositet	Bunntransport	Bratt gradient, vifteformet utløp, munningsbanke (kan være vifteformet), apexbanke, midtbanker, sidebanker, innersvingsbanker, vegetasjonsdekte øyer/banker, gruntvannsområder, marebakke, oppgrunnet bukt/innsjø, kan ha levéer (elvevoller), gamle løp, kroksjøer, stranddannelse/strandvoller, vindavsetninger
<i>Suspensjonsdelta</i>	Meanderende løp og/eller løp med høy sinuositet	Suspendert materiale (har også tilførsel av bunntransportert materiale)	Slak og langstrakt deltaflate (størsteparten er subakvatisk), gruntvannsområder, laguner, (svak) levéedannelse
<i>Fuglefotdelta</i>	Samlet og dels meanderende løp og/eller løp med høy sinuositet, men kan også være forgreinet	Suspendert materiale	Lav gradient, omfatter/nærliggende myrområder, utpreget isolerte levéer ut i vannet/innsjøen, tanger, gamle løp, kroksjøer, gruntvannsområder, avsnørte basseng, laguner
<i>Fuglefotdelta i myr</i>	Meanderende løp og/eller løp med høy sinuositet	Suspendert materiale	Lav gradient, myrområde, levéer (ikke isolerte), vann, grunne tjern, avsnørte basseng, flomdammer ¹
<i>Myrdelta</i>	Samlet meanderende løp og/eller løp med høy sinuositet, men kan være forgreinet	Liten (kun suspendert materiale)	Lav gradient, våtmarkskompleks med innslag av myr/sump, vann, grunne tjern, flomdammer, mudderbanker kan forekomme, svak levéedannelse

¹ Flomdammer er vanskelig å skille fra tjern på flybilder, og vil i teksten kun bli referert til som 'mulige flomdammer'. Disse er logisk ikke synlige på kart.

Klassisk delta

Det fremste kjennetegnet ved klassiske delta er at elva har transportkompetanse til å frakte med seg bunntransporterte sedimenter. Dette synliggjøres ved bankedannelser i elveløpet. Graden av vegetasjonsdekke på bankene/"øyene" indikerer stabiliteten på elveløpet/løpene. I utløpet av elva er dannelsen av en munningsbanke et karakteristisk trekk, men ikke alle klassiske delta utvikler dette. Munningsbanken kan ta form som ei vifte og/eller hele utløpet kan utvikle vifteform av det avsatte materialet. Fronten til klassiske deltaer varierer betydelig, avhengig av om det er de fluviale prosessene eller innsjøens bølgeaktivitet som dominerer. De to deltafrontene beskrevet ovenfor i teksten er formet på grunn av dominerende fluviale prosesser, og er derfor de to hyppigste observerte formene av norske ferskvannsdeltaer. I tilfeller der bølgeaktiviteten dominerer, eroderes deltafronten og får en buet form, eller det kan oppstå en spissdannelse, der hvor to buer møtes. Førstnevnte kalles "arcuate" delta og det andre "cusplate" delta. Eksempel på sistnevnte er Frøysdølas utløp i Nisser i Telemark (se bilde 4.1). Bølgeaktivitet er med på å holde det suspenderte materialet svevende, og flytte det sideveis slik at det bygger opp sandstrender og strandvoller nærliggende utløpet.



Bilde 5 Frøysdølas utløp i Nisser i Telemark karakteriseres som et cusplate delta. Her har bølgeaktiviteten utviklet to sandstrender som samløper i en spiss. © Statens kartverk. Flyfotodato: 10.09.2004.

Dersom utløpet har en munningsbanke, vil det også som regel forekomme bankedannelser oppstrøms i elveløpet. Ofte vil en og/eller flere apexbanke(r) dannes i rotpunktet av deltaet, og elveløpet splittes da rundt banken(e). Midtbanker og sidebanker forekommer også, og i tilfeller der løpsmønsteret er meanderende, vil innersvingsbanker dannes. Elveløpet over deltaflata er ofte samlet hvor munningsbanker eksisterer, mens i tilfeller med gruntvannsområder i front av deltaet, eller der marebakken trer tydelig fram, er en forgreining av løpsmønsteret vanlig. Gamle løp preger hyppig den inaktive deltaflata, og kroksjøer fins i tilfeller hvor elveløpet tidligere var meanderende.

Ytterligere kan levéedannelser forekomme langs elveløpet, noe som hovedsakelig er et særtrekk for to av de andre deltatypene; fuglefotdelta og fuglefotdelta i myr. Levéer (elvevoller) er avsetning av fine sedimenter langs kanten av elveløpet under en flomperiode, da vannet flømmer ut over elvesletta.

Karakteristisk for klassiske deltaer er en bratt gradient på deltaskråningen. Årsaken til dette er at elva frakter med seg grovt materiale som bunntransport, og dette avsettes når elva møter nullpunktet (innsjøen). Ifølge Boggs (2001:326) vil avsetningen skje raskt på grunn av homopyknal strømning (jfr. kapittel 2.3.2). Hellingsgraden på deltaskråningen avhenger av variablene kornstørrelse, grad av sortering, partikkelform og partikkel tetthet som tidligere beskrevet i avsnitt 2.1. På flybilder kommer marebakken tydelig fram (se bilde 3.1 under kapittel 3.1). Dette gjør gjenkjenningen av de klassiske deltaene lettere.

Suspensjonsdelta

Denne deltatypen er vanligvis et tidligere klassisk delta, og derfor samsvarer flere av formelementene. Elva har ikke lenger evnen til å få bunntransporten helt ut til deltafronten. Kun suspensjonstransporten når ut til deltafronten som gjør at avsetningen av det suspenderte materialet jevner ut gradienten av deltaskråningen. Dette gir en lang og slak subakvatisk deltaflate som ifølge Nordseth (pers.medd.) kan ha en hellingsgrad på $< 5^\circ$.

Denne slake og langstrakte deltaskråningen er karakteristisk for suspensjonsdelta, samt utviklingen av gruntvannsområder og laguner. Sistnevnte defineres i denne sammenheng som et basseng som bortimot er avsnørt av bankedannelser og/eller elvevoller.

Det kan forekomme levéedannelse, men dette er ikke et karakteristisk trekk. I de tilfeller hvor dette figurerer er det mulighet for at deltaet er i overgang til å bli et fuglefotdelta.

Fuglefotdelta

Deltatypens særpreg er dannelsen av isolerte levéer ut i innsjøen. Dette er flomsedimenter som viser at elva i flomsituasjoner er preget av suspendert materiale. Mønsteret til et velutviklet delta ligner en fuglefot, derav navnet. Mississippi-deltaet er faglitteraturens mest studerte og velutviklete fuglefotdelta og antageligvis det som ga opphavet til navnet. Fuglefotmønsteret blir mer fremtredende etterhvert som deltaet utvikles. I mange tilfeller er det kun to tanger som stikker ut i innsjøen (jfr. bilde 4.11).

Deltatypen har ofte forsumpet mark og/eller myrdannelse på selve deltaflata. Denne har en lav gradient, og i de fleste tilfeller er elveløpet samlet og dels meandrerende, før det forgreines og gir deltaflatas nedre del et uregelmessig utseende. Deltaflata har gjerne spor av gamle løp, kroksjøer, avsnørte basseng og laguner. Gruntvannsområder kan forekomme utenfor deltafronten.

Fuglefotdelta i myr

Elvedeltaer inngår i begrepet våtmark, som betyr at områdene store deler av året er fuktige eller overflømmes av vann. Myr er den vanligste naturtypen av våtmark, og dekker vel 6 prosent av landarealet i Norge. Myr utgjør en stor del av arealet i Hedmark og Trøndelagsfylkene, og ikke overraskende er flere referansedeltaer hentet fra disse områdene (Miljølære, 2005).

Utviklingen av levéer er likeledes det viktigste særpreg for denne deltatypen, men de dannes ikke isolert ut i innsjøen. I disse tilfellene er det myr og/eller forsumpet mark som dominerer landskapet, og ellevollene inngår som elementer av dette våtmarkskomplekset.

Bortsett fra myr/sump og ellevoller er deltaflata preget av vann, grunne tjern og avsnørte basseng. Gradienten er lav, og sedimenttransporten er kun suspendert materiale. Denne deltatypen skiller seg fra velutviklete fuglefotdeltaer ved at elveløpet er samlet og meanderende/har sinuositet helt ut til deltafronten, til forskjell fra et forgreinet utløp.

Myrdelta

På lik linje med de to foregående deltatypene har myrdelta en lav gradient på deltaflata, da deltaflata er et våtmarkskompleks av myr og/eller forsumpet mark, vann, grunne tjern, avsnørte basseng, mudderbanker og mulige flomdammer.

Dannelsen av myr er avhengig av klimaet og utvikles i områder hvor nedbøren er høyere enn fordampningen, slik at det blir overskudd av vann i jordsmonnet. Myr oppstår ved at tjern og mindre vann (innsjøer) gror igjen, eller ved at fastmark forsummer. Sistnevnte er det vanligste i Norge (Miljølære, 2005).

Elveløpet er oftest et samlet løp, men kan i tilfeller være forgreinet. Karakteristisk for myrdelta er svært lite sedimenttransport av kun suspendert materiale. Dette materialet gir seg til kjenne som mudderbanker, og ved flomperioder kan svake levédannelser utvikles. Disse er kun bevokst med myrvegetasjon, ikke trær.

4.2 Referansedeltaer

Referansedeltaene er valgt ut på bakgrunn av representativitet for deltaklassen, formrikdom, tilgjengelighet via Elvedeltabasen og antagelser om at deltaet kan være i en overgangsform. Førstnevnte er grunnen til at det er valgt flere referansedeltaer for samme deltatype, da det anses som svært viktig å få frem variabiliteten i fremtoning som én deltatype kan ha. Dette gjelder alle de klassifiserte deltatype, men kommer spesielt godt til syne på de tre utvalgte referansedeltaene for deltatypen klassisk delta.

Tidsbegrensninger og tilgjengelighet gjorde at alle referansedeltaene ble valgt ut fra Elvedeltabasen istedenfor at de ble lett opp og vurdert på kartene. Det betyr at det kan finnes andre deltaer som mulig kunne hatt større representativitet som referansedeltaer, men at de ikke ble vurdert, da Elvedeltabasen kun omfatter deltaer større enn 250 dekar. Følgende deltaer er valgt ut som referansedeltaer:

- **Klassisk delta:** Vesldalsdeltaet, Skardmodalsdeltaet og Otra-deltaet.
- **Suspensjonsdelta:** Øyeren-deltaet, Bøvra-deltaet og Dokka-deltaet.
- **Fuglefotdelta:** Tufsinga-deltaet, Simoa-deltaet og Hola-deltaet.
- **Fuglefotdelta i myr:** Atna-deltaet og Indredalsåa-deltaet.
- **Myrdelta:** Eitro-deltaet, Tisleia-deltaet og Svorka-deltaet.

Vesldalsdeltaet

Vesldalsdeltaet er bygd opp ved Skjøles utløp i Lundadalsvatnet i Skjåk (bilde 4.2). Deltaet er satt som referansedelta for klassen klassisk delta da flere av de karakteristiske formelementene opptrer her. Det mest fremtredende særpreget er marebakken som indikerer bunntransport av grovt materiale. Kartbladet 1518 III viser at Skjøle drenerer et nedbørfelt som er svært brerikt, og med god tilgang på korttransportert rasmateriale. Ut over det viser kartbladet ikke annet enn et forgreinet løpsmønster. Ingen formelementer er markert.



Bilde 6 Vesldalsdeltaet; Skjøles utløp i Lundadalsvatnet i Skjåk, Oppland. Klassisk delta med karakteristisk marebakke. Vesldalstinden i bakgrunnen. Hentet fra Direktoratet for naturforvaltning (2005g), foto av Jon Arne Eie 07.08.1991.

Nedre del av elveløpet er sterkt forgreinet med kraftig bankedannelse og har ikke noe veldefinert utløp. Likevel indikerer de vegetasjonsdekte bankene at løpene er stabile. Deltaet er ikke påvirket av menneskelig inngrep (Direktoratet for naturforvaltning, 2005g).

Skardmodalsdeltaet

Skardmodalselvas utløp i Unkervatn i Hattfjelldal representerer et svært formrikt klassisk delta (bilde 4.3). Her forekommer apexbanker – faktisk flere stykker, sidebanker, en eldre munningsbanke, en munningsbanke under utvikling, gamle løp, kroksjøer, stranddannelse og et oppgrunnet område langs med hele deltafronten. Bankene, som er bevokst med motstandsdyktig vegetasjon, indikerer et stabilt løp med betydelige mengder bunntransport.

Kartbladet 2025 IV samsvarer godt med planformen sett på flybildet, bortsett fra at stranddannelsen og gruntvannsområdet er fraværende. Imidlertid viser kartet et nærliggende nedbørfelt med høyt relieff, og utallige bekker som kan frakte korttransportert rasmateriale.



Bilde 7 Skardmodalsdeltaet; Skardmodalselvas utløp i Unkervatn i Hattfjelldal, Nordland. Hentet fra Direktoratet for naturforvaltning (2005h). © Fjellanger Widerøe AS, flyfotodato: 05.09.1980, flyoppgave: 6509-T13.

Otra-deltaet

Otra har bygd opp et velutviklet klassisk delta med vifteformet utløp i Åraksfjorden (bilde 4.4). Den inaktive delen av deltaflata synes å ha spor av gamle elveløp og ellevoller som sprer seg i vifteform over deltaflata. I front av deltaet er marebakken tydelig.

Kartbladet 1412 I samsvarer med flybildet (bilde 4.4), da ellevollene som sprer seg i vifteform er tydelige, men deltaets virkelige utstrekning kommer ikke fram av kartet. Sedimenttransporten som bygger opp gruntvannsområdet i utløpet og til høyre for den vifteformete munningsbanken, samt marebakken, er ikke synlig på kartet.



Bilde 8 Otradeltaet; Otras utløp i Åraksfjorden i Bygland, Aust-Agder. Deltaavsetningene danner et vifteformet utløp. Hentet fra Direktoratet for naturforvaltning (2005i). © Fjellanger Widerøe AS, flyfotodato: 17.07.1983, flyoppgave: 7896-L09.

Til tross for at geomorfologien samsvarer, har de tre klassiske referansedeltaene svært ulik fremtoning.

Øyeren-deltaet

Glommas utløp i Øyeren i Fet har bygd opp et omfangsrikt suspensjonsdelta (bilde 4.5). Dette har tydelig vært et klassisk delta tidligere, da en karakteristisk munningsbanke er bygd opp i utløpet, og med betydelig bankedannelse videre utover i innsjøen. Hva som likevel gjør det til et suspensjonsdelta nå, er at bunntransporten ikke lenger når ut til deltafronten. Det har gjort at suspensjonsmaterialet danner en langstrakt deltaskråning som kan følges omkring 2 mil (pers.medd.: Nordseth, K.) ut i innsjøen. Dette kommer tydelig fram på flybilder av Glommas utløp i Øyeren (serie 1565: H 9, 10, 11). Disse flybildene viser også formelementer, som antas å være ”dunes” (tverrbanker), i utløpet hvor munningsbanken ligger. Slike bunnformer indikerer forholdene i elva, da disse dannes hvor kornstørrelsen er mellom medium og grov sand, og hvor strømningshastigheten er relativt rask. Generelt gjelder at disse tverrbankene øker i størrelse med økte dybdeforhold, og de er svært varierende både i høyde og intervall. Respektive mål ligger mellom noen få centimeter til flere meter, og mellom 0.5 meter til mer enn 100 meter (Robert, 2003:94).

Det suspenderte materialet har bygget opp betydelige gruntvannsområder, hvor Snekkervika utpreger seg spesielt. Kartbladet 1914 I viser at flere laguner er dannet; ved Kusand mellom Kusandråka og Gjushaugsandråka, ved Rossholmen sør (sørøst) for Kusand, og ved Fautøya mellom Storråka og Svellets utløp. Det er antydning til levéedannelse.



Bilde 9 Øyeren-deltaet; Glommas utløp i Øyeren i Fet, Akerhus danner et utstrakt suspensjonsdelta. Satelittbildet er hentet fra Direktoratet for naturforvaltning (2005j). © Statens kartverk. SPOT 3® © CNES 1995 © SSC Satelittbild 1995.

Bøvra-deltaet

Bøvrass utløp i Ottavatn i Lom danner et velutviklet suspensjonsdelta (bilde 4.6). Her er gruntvannsområder med bankedannelser spesielt fremtredende (bilde 4.7). Suspensjonstransporten kan følges helt ned til Sagodden ved Grøna i Vågåvatn (jfr. bilde 4.8). Dette ses på ortofotoene på nettportalen Norge i bilder, i tillegg til at kartbladet 1618 IV viser bankedannelser helt ned til Grøna.

Den eoliske strandvollen, som tidligere referert til på utløpets østre side, er godt synlig på kartbladet, men på bilde 4.7 derimot, kan den kun antydes som en tynn hvit strek langs med de gule jordbruksarealene.

Kartbladet viser at Bøvras løpsmønster noen kilometer oppstrøms deltaets rot punkt og ned til utløpet er samlet og rett. Vassdraget er sterkt brepåvirket og har stor materialtransport.



Bilde 10 Bøvra-deltaet; Bøvras utløp i Ottavatn i Lom, Oppland danner et velutviklet suspensjonsdelta. Hentet fra nettportalen Norge i bilder. © Geovekst. Fotodato: 23.08.2002.



Bilde 11 Bøvra-deltaet ned mot Vågåvatn med Lomskollen i bakgrunnen til høyre. Hentet fra Direktoratet for naturforvaltning (2005d), foto av Dagfinn Claudius.



Bilde 12 Suspensjonstransporten fra Bøvra kan følges helt ned til Sagodden ved Grøna i Vågåvatn. Hentet fra nettportalen Norge i bilder. © Geovekst. Fotodato: 23.08.2002.

Dokka-deltaet

Dokka samløper med Etna, og deres utløp i Randsfjorden i Nordre Land har dannet et betydelig suspensjonsdelta (bilde 4.9). Kartbladet 1816 IV viser stor bankedannelse, og flere av bankene antyder stabilitet, da de er merket med klynger av trær. Der er også gruntvannsområder og antydning til laguner, samt levéer. Sistnevnte gjør at deltaets fremtoning, både på kartet og flybildet, har trekk som et fuglefotdelta, men suspensjonstransporten og den langstrakte slake subakvatiske deltaflata som er synlig på flybildet taler imot dette. Et suspensjonsdelta kan også omfatte elvevoller.

Kartbladet viser at suspensjonstransporten er å finne igjen nesten helt ned til Land sag, som ligger omkring 3,5 km nedstrøms deltaet. Beregningen er gjort ut i fra 1 km²-rutenettet på kartet. Kartbladet er fra 1969, så antagelig ligger fronten av den langstrakte slake deltaskråningen enda lenger ut idag.



Bilde 13 Dokka-deltaet; Dokka samløper med Etna og deres utløp i Randsfjorden i Nordre Land, Oppland har utviklet et betydelig suspensjonsdelta. Hentet fra Direktoratet for naturforvaltning (2005k). © Fotonor AS, flyoppgave: 95109-A4, flyfotodato: 25.06.1995.

Tufsinga-deltaet

Tufsingas utløp i Femunden i Os, Hedmark danner et velutviklet fuglefotdelta (bilde 4.10). Deltaet har utpreget isolerte levéer som strekker seg omkring 2 km ut i innsjøen. Beregningen er gjort ut fra 1 km²-rutenettet på kartbladet 1719 II.

Deltaet er valgt som referansedelta da det er Norges best utviklete fuglefotdelta, i tillegg til at det har stor formrikdom. Tufsinga drenerer et utstrakt myrområde som elva bukker seg gjennom. Like oppstrøms deltaflata er elveløpet samlet og rett, men det er utviklet en flott meanderslynge rett før løpet splittes og danner elvevollene ut i innsjøen. Ifølge kartbladet vokser det trær langt utover på levéene. Dette er derimot vanskelig å tolke av flybildet.

Gruntvannsområdene er imidlertid fremtredende på flybildet, og det er antydninger til lagunedannelser flere steder. Sistnevnte samsvarer med kartbladet. Nederst på deltaflata ved meanderslyngen er der flere små tjern som mulig kan være spor etter et gammelt løp. Avsnørte basseng kan også observeres.



Bilde 14 Tufsinga-deltaet; Tufsingas utløp i Femunden i Os, Hedmark danner Norges best utviklete fuglefotdelta. Hentet fra Direktoratet for naturforvaltning (2005l). © Fjellanger Widerøe AS, flyfotodato: 23.06.1977, flyoppgave: 5485-O00020.



Bilde 4.11 Simoas utløp i Soneren i Sigdal, Buskerud er et lite utviklet fuglefotdelta. Hentet fra Direktoratet for naturforvaltning (2005m). © Fjellanger Widerøe AS, flyfotodato: 1984, flyoppgave: 8229.

Simoa-deltaet

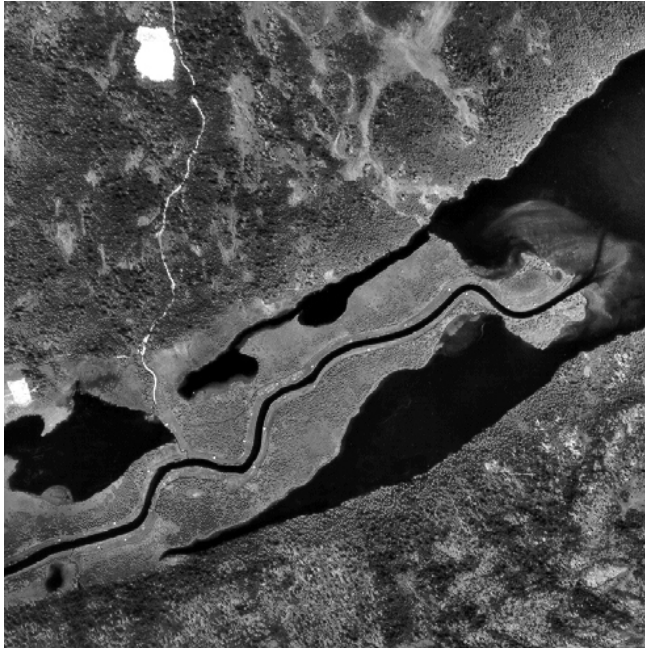
Simoas utløp i Soneren i Sigdal er et dårlig utviklet fuglefotdelta (bilde 4.11). Her er ikke utløpet forgreinet, med ellevoller som strekker seg langt ut i innsjøen, men kun to relativt rette tanger som indikerer deltatypen. Deltaflata er delvis dekket av skog/vegetasjon, men størsteparten ser ut til å være oppdyrket mark, og den omfatter karakteristiske formelementer som avsnørte bassenger og en kroksjø. Kartbladet 1715 III er en eldre utgave fra 1975, og legenden jordbruksareal eksisterer ikke. Derfor er flybildet brukt til å anta deltaflatas arealbruk. Kartbladet viser heller ikke det lille avsnørte bassenget rett til siden for den venstre ellevollen, eller det som kan se ut til å utvikle seg til en lagune imellom dette lille avsnørte bassenget og ellevollen.

Ifølge flybildet ser sedimenttransporten ut til å være minimal utenom flomperioder.

Hola-deltaet

Holas utløp i Langsjøen i Os danner et velutviklet fuglefotdelta (bilde 4.12). De karakteristiske isolerte levéene ut i innsjøen ses tydelig både på kartbladet 1719 III og på flybildet. Det mest iøynefallende med deltaet er de brede ellevollene som indikerer at deltaet er kommet langt i sin utvikling. Skillet mellom levéene og de elvenære områdene er relativt lite, og på deltaets venstre side (jfr. bilde 4.12 og kartblad 1719 III) kan det se ut som et avsnørt basseng er under utvikling. Kartbladet er fra 1969 og flybildet fra 1984, så et nyere flybilde og en nyere kartutgave kunne vært fordelaktig for å se eventuelt samsvar med dagens utforming.

Kartbladet viser stor formrikdom på deltaflata i tillegg til ellevollene; myr/forsumpet mark, vann, tjern, gamle løp, og en kroksjø. Flybildet støtter ikke opp om alle disse formelementene, da det kun viser deltaets nedre del. Imidlertid er det samsvar om at løpsmønsteret på den nederste delen av deltaet har lav sinuositet, og er uten meanderslynger. Utløpet er markert, det vil si uten forgreininger, og ved utløpet på flybildet er suspensjonstransporten liten.



Bilde 15 Hola-deltaet; Holas utløp i Langsjøen i Os, Hedmark danner et fuglefotdelta med samlet løp. Hentet fra Direktoratet for naturforvaltning (2005n). © Fjellanger Widerøe AS, flyoppgave: 8262-Q05, flyfotodato: 10.07.1984.

Atna-deltaet

Atnas utløp i Atnsjøen i Stor-Elvdal har utviklet et utstrakt fuglefotdelta i myr (bilde 4.13 og 4.14). Landskapsmessig er dette deltaet svært likt Hola-deltaet, bare at dalføret som Hola drenerer er trangere. I begge tilfeller beveger elvene seg gjennom et utstrakt, flatt myrområde, før de munner ut i en langstrakt, relativt smal innsjø. Utseendemessig er de svært like, men det som skiller dem er at Holas levéer dannes isolert ut i innsjøen.



Bilde 16 Atna-deltaet; Atnas utløp i Atnsjøen i Stor-Elvdal, Hedmark danner et omfangsrikt fuglefotdelta i myr. © Fjellanger Widerøe AS, flyfotodato: 31.08.1961, flyoppgave: 2220-N22.

Atna-deltaet er valgt som referansedelta på grunn av dets store utstrekning og formrikdom. Løpsmønsteret over deltaflata viser ifølge kartbladet 1818 IV tegn til meandring, til tross for at løpet i større deler av området er relativt rett. Deltaflata omfatter utallige vann og tjern, samt spor av gamle løp. Rett før utløpet har elva splittet seg, noe som mest sannsynlig har skjedd under en flomperiode.

Flybildet viser dannelse av innersvingsbanker på nederste del av deltaflata og en munningsbanke som indikerer en moderat andel sedimenttransport. Et mindre område til høyre og venstre for utløpet er oppgrunnet, samt at høyresiden har stranddannelse. Bilde 4.14 viser et grumsete elveløp som bekrefter den store transporten av suspendert materiale.



Bilde 17 Atna-deltaet. Hentet fra portalen Norge i bilder. © Geovekst, flyfotodato: 29.05.2004, dekningsnr: 13075.

Hele deltaflata er et våtmarkskompleks av myr, forsumpet mark, vann, tjern og mulige flomdammer, som elveløpet med sine karakteristiske levéer snor seg gjennom ut i innsjøen. De klare avgrensingene mellom elvevoller og myr er tydelig på bilde 4.14.

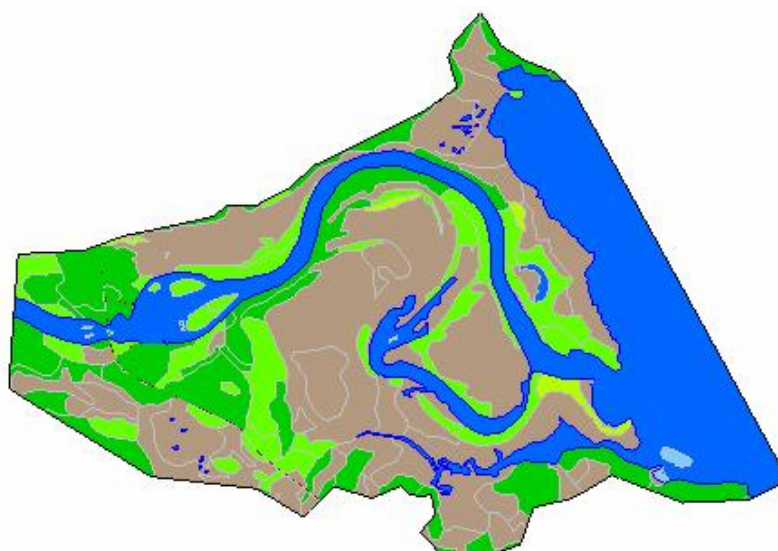
Inderdalsåa-deltaet

Inderdalåas utløp i Ulen i Lierne danner et flott fuglefotdelta i myr (bilde 4.15 og figur 4.1). Kartbladet 1923 II viser et omfangsrikt myrområde i forbindelse med deltaet. Inderdalsåa har et relativt bredt elveløp med sammenhengende levéedannelse helt ut til deltafronten. Flybildet viser store gruntvannsområder utenfor deltafronten som antyder betydelig suspensjonstransport. Dette samsvarer imidlertid ikke med figur 4.1. På kartbladet er det avmerket større bankedannelser oppstrøms deltaflata.



Bilde 18 Inderdalsåa-deltaet; Inderdalsåas utløp i Ulen i Lierne, Nord-Trøndelag danner et flott fuglefotdelta i myr. Hentet fra Direktoratet for naturforvaltning (2005o). © Fjellanger Widerøe AS, flyfotodato: 28.09.1978, flyoppgave: 1993-H23.









Deltaflata omfatter spor av gamle løp som et avsnørt elveløp i tilknytning til flomsedimenter, og en kroksjø som tyder på at elva har hatt en meanderslynge nær utløpet tidligere. Elveløpets endring i løpsmønster har dannet to tanger av myr og flomsedimenter som stikker ut i innsjøen, henholdsvis Ingerstangen og Loktangen.



Målestokk 1: 20000

Arealstatistikk

Viser statistikk på Corine Land Cover nivå 3. Fargene henviser til kartet over.

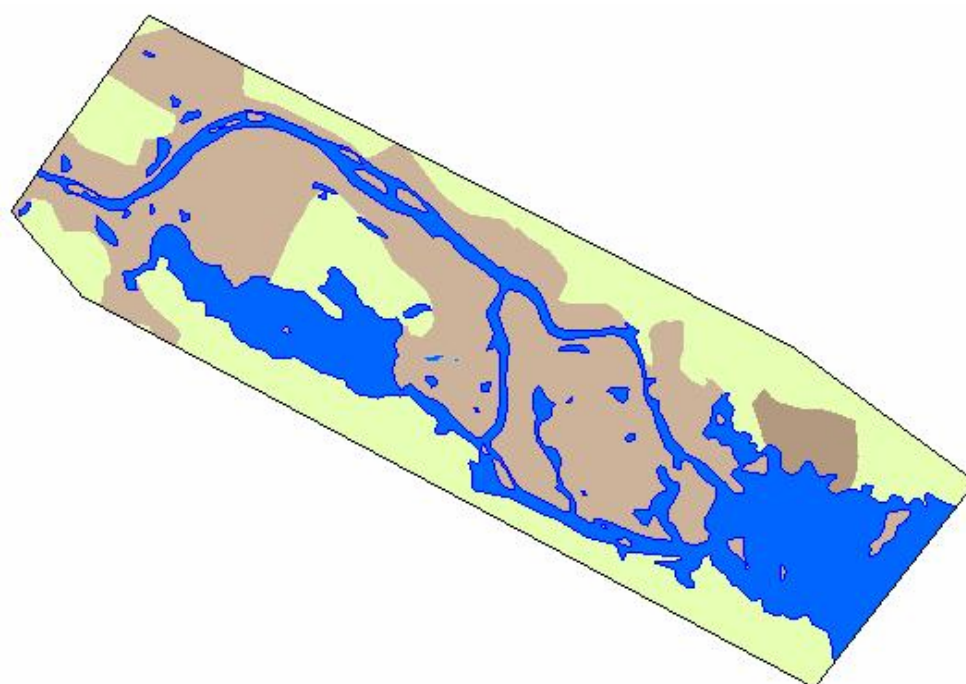
	Corine Dekar Prosent		
 Områder tilknyttet veg/jernbane	122	10.4	0.3
 Lauvskog	311	31.4	0.9
 Barskog	312	601.7	17.4
 Blandingsskog	313	428.3	12.4
 Myr	412	1350.6	39.1
 Elver/kanaler	511	366.3	10.6
 Sjøer, vann og tjern	512	654.2	19
 Grunntvannsområder i elver/vann	513	7.5	0.2
SUM		3450.4	100.0

Figur 4.1 Corine Land Cover er her benyttet til å vise arealdekket av Inderdalsåa-deltaet som er et fuglefotdelta i myr. Elvevollene er godt synlige i våtmarkskomplekset. Hentet fra Direktoratet for naturforvaltning (2005o).

Eitro-deltaet

Eitros utløp i Langavatnet i Eidfjord, Hordaland danner et myrdelta (figur 4.2). Corine Land Cover er benyttet i fravær av flybilde. Tegnforklaringen på kartbladet 1415 I viser ei deltaflate med et våtmarkskompleks av myr, områder med sparsom vegetasjon, utallige tjern og små vann, og bankedannelser uten vegetasjonsdekke som kan tyde på at det er mudderbanker.






Elveløpet er forgreinet og en øy er dannet av den ytterste delen av deltaflata. Kartbladet viser to øydannelser, men kartet er utgitt i 1970, og deltaet har vært i endring siden den tid. Figur 4.2 viser at dette løpet ikke eksisterer mer. Forklaringen kan være at avsetninger av flomsedimenter har ført til gjengroing, uten at dette er tatt med på tegnforklaringen til figuren.



Målestokk 1: 20000

Arealstatistikk

Viser statistikk på Corine Land Cover nivå 3. Fargene henviser til kartet over.

		Corine Dekar Prosent		
	Heisamfunn i fjellet	322	1292.9	33.5
	Myr	412	88.9	2.3
	Limnogene våtmarker	441	1502	39
	Elver/kanaler	511	242.4	6.3
	Sjøer,vann og tjern	512	729.3	18.9
SUM			3855.5	100.0

Figur 4.2 Corine Land Cover er her benyttet til å vise arealdekket av Eitro-deltaet som er et myrdelta. Hentet fra Direktoratet for naturforvaltning (2005p).

Tisleia-deltaet

Tisleias utløp i Ølsjøen i Nord-Aurdal danner et utstrakt myrdelta (bilde 4.16).

Våtmarkskomplekset omfatter store mengder myr og forsumpet mark, et tjern og et vann, bankedannelser, og en lagune. Flybildet viser liten sedimenttransport utenfor deltafronten, men der er bankedannelser i elveløpet oppstrøms utløpet. En forstørrelse av flybildet antyder at bankene er mudderbanker bevokst med myr-/sumpvegetasjon.

Tegnforklaringen på kartbladet 1716 IV viser svake levéedannelser langs med elveløpet halvveis ut på deltaflata.



Bilde 19 Tisleia-deltaet; Tisleias utløp i Ølsjøen i Nord-Aurdal, Oppland danner et utstrakt myrdelta. Hentet fra Direktoratet for naturforvaltning (2005q). © Fjellanger Widerøe AS, flyfotodato: 03.07.1991, flyoppgave: 11204-K3.

Svorka-deltaet

Svorkas utløp i Vollmovatnet i Meldal er et myrdelta (bilde 4.17). Kartbladet 1521 II viser ei deltaflate som omfatter myr, et lite vann/tjern med en tilgrensende vegetasjonsdekket ”øy”, og et samlet elveløp med høy sinuositet helt ut til deltafronten. Kartbladet viser, i samsvar med bilde 4.17, apexbanker i rotpunktet av deltaet. I tillegg viser det bankedannelser oppstrøms deltaet. Bankene er begge steder vegetasjonsdekte, noe som kan tyde på at de stammer fra tidligere tider.



*Bilde 20 Svorka-deltaet. Hentet fra Direktoratet for naturforvaltning (2005r).
© Fjellanger Widerøe AS Flyoppgave: 12266-Y11, flyfotodato: 22.06.1998.*

Deltaet byr ikke på større formrikdom, men det er valgt fordi det antas å være på et tidlig stadie av en overgangsfase til fuglefotdelta i myr. Kartbladet antyder at det er et myrdelta, da ingen levéer er avmerket, men så er kartbladet fra 1972. På bilde 4.18, derimot, som er fra 1993, ses svake levéedannelser i myrområdet. Mulig at de ville vært avmerket på en nyere kartutgivelse.



Bilde 21 Svorka-deltaet; Svorkas utløp i Vollmovatnet i Meldal, Sør-Trøndelag er et myrdelta med antagelser om en overgangsform til et fuglefotdelta i myr. Hentet fra Direktoratet for naturforvaltning (2005r). © Georg Bangjord, 1993.

5. Diskusjon

Oppgavens mål og problemstilling var å gi en anvendelig klassifikasjon av resente ferskvannsdeltaer kun basert på planform sett fra kart og flybilder. I dette kapitlet vil resultatet av klassifiseringen bli drøftet, og det søkes å gi svar på følgende spørsmål:

Kan flybilder og kart gi den informasjonen som er nødvendig for å gi et tilstrekkelig resultat?

Er det representativt å gjøre rede for en anvendelig klassifisering av deltatyper kun basert på planform?

Spørsmålene drøftes på bakgrunn av usikkerhet i resultatene, metodebruk og grad av samsvar med fremlagt teori om kontrollerende faktorer for dannelsen av deltaets form.

5.1 Datafangst og usikkerhet i resultatene

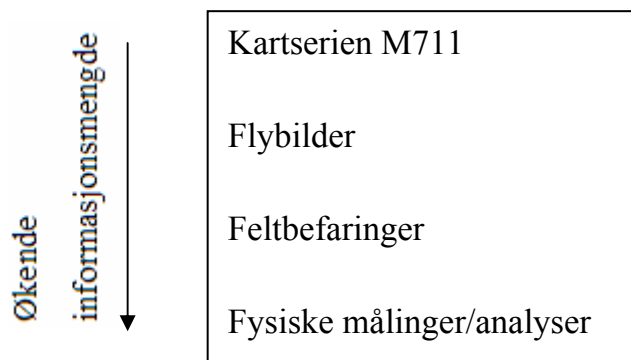
Det er flere muligheter for innsamling av data, men jo større nøyaktighet som kreves, dess mer tid og kostnader går med til registreringsarbeidet. Målsettingen med denne oppgaven var å komme fram til en anvendelig klassifikasjon, hvor anvendelig i denne sammenheng henspeiler på lave tids- og kostnadsressurser, samt brukervennlighet. Kart og flybilder ble derfor valgt, da disse er lett tilgjengelige datakilder.

Kartenes nøyaktighet er først og fremst avhengig av hvor gammelt kartet er, i tillegg til hvilken målestokk det har. Flere av kartbladene som er benyttet er utgitt så langt tilbake som på slutten av 1960-tallet. De karttekniske metodene var annerledes da, og tegnforklaringene (legendene) mindre fullstendige enn på nyere utgivelser. Av kartbladene benyttet i denne oppgaven er legenden, jordbruksareal, først anvendt på kartene etter 1992. En regel er at jo eldre kartet er, dess mindre nøyaktighet har det. Deltaer er, som tidligere nevnt, dynamiske systemer som er under kontinuerlige

forandringer, enten av naturen selv eller på grunn av menneskelige inngrep, og derfor bør de nyeste kartutgivelsene med oppdateringer anvendes. I denne oppgaven, derimot, var de eldre kartutgavene fordelaktige. I og med at flesteparten av flybildene som ble anvendt var av nyere dato, kunne de eldre kartutgavene derfor benyttes, slik at det ble mulig å se eventuelle overgangsformer.

Figur 5.1 viser informasjonsmengde fra forskjellige datakilder. Innhenting av data fra kart gir grovest informasjon. Kartene gir derfor størst usikkerhet i resultatene, da dette er andrehånds informasjon, det vil si tolket materiale. Det er satt nøyaktighetskrav til kart, men det er viktig å være oppmerksom på at siden kartene bygger på flyfotogrammetriske data, vil skogdekning og områder i skygge endre disse kravene. For Statens Kartverk, som er ansvarlig for M711 kartserien, er det et mål at kartene skal se pene ut, og dermed er en del informasjon tatt bort eller utjevnet slik at helheten ser best mulig ut (Smith-Meyer, 1995:16). Kartserien M711 1:50 000 er den mest praktiske kartserien uten å måtte gå på akkord med kvalitet og nøyaktighet.

Flybilder, derimot, gir betraktelig bedre datamateriale, da disse gir førstehånds informasjon. Bildene gir høy presisjon, da det stilles store krav til metodikken som ligger bak, men feil forekommer. Flybildene er gitt ved sentralprojeksjon som gir effekten radiell forskyvning. Det betyr at objekter som stikker opp i terrenget blir avbildet ulikt i to bilder, noe som gir en forskyvning av virkeligheten, slik at geometrien til flybildet er forskjellig fra den til et kart. Tredimensjonale objekter blir nærmere bestemt avbildet todimensjonalt. 3D-effekten kan gjenskapes ved bruk av stereoskop. Den radielle forskyvningen øker jo lenger ut i bildet (dess lenger vekk fra bildehovedpunktet) objektet befinner seg. Kun i tilfeller hvor fotoretningen er loddrett og terrenget er flatt, vil den radielle forskyvningen være fraværende. Turbulens vil kunne føre til forskjell i bildeopptak, da flyet varierer i høyde mellom to bilder. Dette er ikke uvanlig (Eiken, 2001).



Figur 5.1 Forskjellige datakilder har ulik informasjonsmengde. Økende informasjon i nedadgående retning.

Feltbefaringer har god nøyaktighet som datakilde, men er både tids- og kostnadskrevende. Dette er også tilfelle for fysiske målinger og hydrologiske og geologiske analyser av vann og sedimenter, da disse gir utfyllende opplysninger. Full utnyttelse av dataene gis imidlertid i en kombinasjon med fine og grove data (Smith-Meyer, 1995:16).

Skjønnsmessige vurderinger

Det er viktig å poengtere at det er faglig skjønn som ligger til grunn for den klassifiseringen av deltatyper som her er gjort. Klassifikasjonen er kun basert på kart- og flybildetolkninger av deltaenes planform. Ingen målinger av vannføring, vannets hastighet, gradient, mengde og type sediment samt kornstørrelse er foretatt. Reliabiliteten av klassifiseringen vil dermed avveies mot karttolkerens fagkunnskap om geomorfologi og tolking av kart og flybilder.

5.2 Metodebruk

Den klassifikasjonen av deltatyper som er kommet fram til i denne oppgaven, er basert på en undersøkelse av de 118 ferskvannsdeltaene (jfr. vedlegg 1) som er klassifisert av Direktoratet for naturforvaltning i Elvedeltabasen, samt en vurdering ut i fra fremlagt teori og faglig skjønn. Kartene og flybildene som ble benyttet var, som tidligere nevnt, valgt på bakgrunn av tilgjengelige tids- og kostnadsressurser. Det er innlysende at bruk av datakilder med høyere grad av informasjonsmengde, som feltobservasjoner og fysiske målinger, ville gitt klassifikasjonen større grad av nøyaktighet.

Informasjonsmengden fra kartene er begrenset. Av kartene er det mulig å se hva deltaflata og tilhørende områder består av; skog eller tregrupper, myr og/eller forsumpet mark, vann, tjern, dyrket mark, levéer, antydninger til lagunedannelse, i tillegg til å kunne gjøre et anslag av gradienten. Løpsmønsteret til elva kommer tydelig fram, og eventuelle bankedannelser med eller uten vegetasjonsdekke vil være markert. Denne informasjonen gir et grovt inntrykk av landskapet og deltaets planform.

Flybildene gir imidlertid en god del bedre informasjon. Den særskilte forskjellen mellom kart- og flybildeinformasjon er at sedimenttransporten visualiseres i elvene, og gjør det mulig å observere subakvatiske bankedannelser i tillegg til de suberile bankene. I de fleste tilfellene ble innersvingsbanker sjeldent observert på kartene, men på flybildene kom de tydelig frem, og i et tilfelle, Glommas utløp i Øyeren, ble subakvatiske tverrbanker observert. Disse gav informasjon om elvas hydrauliske forhold. På grunn av at sedimenttransporten synliggjøres, ses gruntvannsområder, stranddannelser og strandvoller på flybildene. Disse formelementene gir nyttig informasjon for å kunne klassifisere deltatyper. Det at kartbladet ikke gir noen informasjon om sedimenttransporten, gjør at det er vanskelig å vite om deltaet er et klassisk delta eller et suspensjonsdelta. På kartbladet vil kun bankedannelsene være markert, og disse er imidlertid karakteristisk for begge deltatypene.

Vegetasjonen spiller også en stor rolle i klassifiseringen, og denne blir mer fremtredende på flybildene. Dermed er det lettere å se hva slags vegetasjon som forekommer; skog, enkeltstående trær, busker eller myr-/sumpvegetasjon. Dette er til god hjelp i forbindelse med tolking av levéene; tett vegetasjonsdekke betyr godt utviklete levéer, og motsatt.

Kan flybilder og kart gi den informasjonen som er nødvendig for å gi et tilstrekkelig resultat?

Usikkerheten i kartene og flybildene anses som lav, da det stilles strenge krav til kart og til metodikken som ligger bak flybilders presisjon. Feilkildene vil i alle tilfeller være av mindre betydning for klassifiseringen. Flere av kartbladene som ble benyttet var av eldre dato, men dette hadde nytteverdi for klassifiseringen, da flybildene var av nyere dato, og dermed gjorde det mulig å se om deltaet eventuelt var kommet i en overgangsform.

Resultatet vurderes som tilstrekkelig, tatt i betraktning at klassifiseringen er ment å være et supplement til Elvedeltabasens klassifisering av ferskvannsdeltaer. Elvedeltabasen er på samme måte som denne oppgavens klassifisering, bygd opp basert på det geomorfologiske aspektet.

5.3 Resultatet av klassifikasjonen

Fem typer av resente ferskvannsdeltaer er klassifisert; klassisk delta, suspensjonsdelta, fuglefotdelta, fuglefotdelta i myr og myrdelta. Som vist i tabell 2, omfatter flere av deltatypene like formelementer, men planformen er likevel svært ulik. Dette gjør at det i de fleste tilfeller kan gjøres et distinkt skille mellom deltatypene. Tvil kan likevel oppstå hvor et delta er i en overgangsform.

Klassisk delta

Denne deltatypen er klart avgrenset fra andre deltatyper ved at elva har transportkompetanse til å frakte med seg bunntransportert materiale. Ifølge Bogen (1984:10) er bunntransporten i de fleste norske vassdrag knyttet til de store flommene. Det betyr at flomhyppighet og flomutsatthet i vassdrag er nødvendig for dannelsen av klassiske deltaer.

Alle de tre referansedeltaene har en omkringliggende topografi med stort relieff som betyr rask hydrologisk respons, i tillegg til god tilgang på korttransportert rasmateriale, som vil si bunntransportert materiale. Tilgangen på sedimentkilder er stor. Skjøle-vassdraget er et svært brerikt område, og Skardmodalselva og Otra drenerer områder med morenedekke, der raviner og ras er vanlig.

Lundadalsvatnet i Vesldalen er et forholdsvis lite vann, men likevel dypt nok til at en marebakke er blitt dannet. Dette referansedeltaet støtter opp om Boggs (2001:326) teori, om at elvevann som renner ut i en innsjø med vann av omtrent lik tetthet, vil føre til en hurtig og grundig blanding av vannmassene, og en rask avsetning av størsteparten av sedimentmengden. Trolig vil Vesldalsdeltaet ha Gilbert-lagdeling (jfr. s.4). Ifølge Smith (1991, lest i Andrén, 1994:22) er det mest vanlig at klassiske deltaer med Gilbert-lagdeling dannes i forholdsvis dype fjellvann, hvor sedimentavsetningen kommer fra elver med små nedbørfelt som resulterer i små deltaer. Det antas at Lundadalsvatnet er for lite til at bølgeerosjon vil være av betydning for deltafronten, og deltaet er ikke berørt av menneskelige inngrep. Det eneste som vil begrense deltautviklingen er topografien og vannets størrelse. En tilbakegang av breene kan inntreffe, som dermed gir mindre sedimenttilførsel, men rasmateriale vil alltid være en tilgjengelig sedimentkilde.

Skardmodalsdeltaet og Otra-deltaet støtter også Boggs (2001:326) teori, men de har likevel forskjellig planform fra Vesldalsdeltaet, og fra hverandre. Unkervatn som Skardmodalselva renner ut i er betydelig mye større enn Lundadalsvatnet. Det gjør at Skardmodalsdeltaet, til forskjell fra Vesldalsdeltaet, er påvirket av bølgeaktivitet.

Dette gir erosjon av deltafronten og en forflytning av materialet som medfører stranddannelse nærliggende deltaet. Både Skardmodalsdeltaet og Otra-deltaet har en karakteristisk munningsbanke i utløpet, men de er svært ulike. Førstnevnte har en mindre vegetasjonsløs bankedannelse, mens Otra-deltaet har en stor vifteformet banke med eldre levéedannelser.

Suspensjonsdelta

Et suspensjonsdelta har en distinkt forskjell fra et klassisk delta, til tross for at formelementene deres i høy grad samsvarer. Elva har ikke evnen til å få bunntransporten helt ut til deltafronten – kun det suspenderte materialet når ut. Dette samsvarer godt med teorien til Håkanson & Jansson (1983:157), som sier at det suspenderte materialet reduserer hellingsvinkelen til deltaskråningen, samtidig som det øker graden av helling på bunnlaget. Det betyr at deltaskråningen istedenfor blir slak og langstrakt. Ifølge Nordseth (pers.medd.) kan hellingsgraden være på $< 5^\circ$, sammenlignet med et klassisk delta som kan oppnå $30\text{--}35^\circ$ helling ifølge Håkanson & Jansson (1983:157).

Teorien beskrevet ovenfor samsvarer med teorien presentert av Andrén (1994:24), som sier at formdannelsen av et suspensjonsdelta blant annet vil være kontrollert av hyperpyknal strømming med strømningsmønsteret lik en planjet. Det suspensjonsholdige elvevannet vil ha høyere tetthet enn vannet i innsjøen som gjør at elvevannet strømmer ned langs bunnen av deltaskråningen som en turbiditt eller tetthetsstrøm. Denne kan erodere deltaskråningen og føre til videre transport av sedimentene ned mot bunnlaget.

Ifølge Håkanson & Janssons (1983:172) vil sedimentasjonsraten påvirkes av bølgeaktivitet og innsjøens strømmingssmønster. Dette vil gjelde for store innsjøer som Øyeren og Randsfjorden. Øyeren er regulert, og dette påvirker deltaet ved at innsjøen får unormal vannstand i forhold til sesong. Dersom innsjøen da, ifølge Nordseth (pers.medd.), ligger lav på vårparten, omkring april når det meste av

flomaktiviteten, og dermed også sedimenttransporten, foregår, vil det kunne medføre erosjon, da større mengder bunntransport blir fraktet lenger ut i innsjøen.

Øyeren-deltaet blir i DNs Elvedeltabase klassifisert som et fuglefotdelta. Dette faller i strid med bunntransporten, som ifølge Nordseth (pers.medd.) varierer i utstrekning med hensyn på reguleringen av innsjøen, samt munningsbanken og alle de andre bankedannelsene. Disse er fra tidligere tider da deltaet var et klassisk delta. Det antas av Bogen (2002:100) at en sen nedtapping fører til endring i pålagring av bunntransportert materiale. Videre antas det at Midtbankeøya/Flatsand blir pålagret i oppstrøms retning ved sen nedtapping av vannstanden. Dette er i tillegg gunstig for utviklingen av laguner i deltaet. Levéedannelsen er utviklet på bankene, og opptrer ikke som en forlengelse av deltafronten med isolerte tanger ut i innsjøen, slik som referansedeltaene Tufsinga-deltaet, Simoa-deltaet og Hola-deltaet har. Det suspenderte materialet er ifølge Nordseth (pers.medd.) å finne igjen 2 mil ut i innsjøen, noe som også avviker fra klassen fuglefotdelta.

Innsjøens dybdeforhold har innvirkning på deltadannelsen. Er innsjøen forholdsvis grunn vil en suspensjonsjet ha større hastighet enn hva den ville hatt ved større dyp, som betyr at spredningen av sedimentet øker (Bogen, 1984:48). Denne teorien samsvarer godt med dybdekartet over Randsfjorden (Østrem, 1984:40) som viser at det er svært grunt ved utløpet av Dokka. Bøvra-deltaet er også i samsvar med denne teorien. Elvedeltabasen, derimot, klassifiserer Bøvra-deltaet som et klassisk delta med overgang til vifteslep nedover vassdraget, hvor disse sedimentene har fylt opp det meste av løpet ned til Vågåvatn, men at deltafronten er rett øst for Lia bru (Direktoratet for naturforvaltning, 2005d). Dette er motstridende, da Lia bru ligger midtveis ned mot Vågåvatn. Dessuten er det karakteristiske ved et klassisk delta at bunntransporten når helt ut til deltafronten, noe som ikke er tilfelle her.

Fuglefotdelta

Som nevnt i avsnittet ovenfor, er de isolerte levéene som strekker seg ut i innsjøen det mest iøynefallende med et fuglefotdelta. Disse er svært tydelige både ved referansedeltaet Tufsinga- og Hola-deltaet, mens Simoa-deltaet, ble valgt for å vise et svakt utviklet fuglefotdelta. Dette har kun to små tanger som stikker ut i Soneren.

Ifølge Nordbø (1991:40) er store mengder suspensjonsmateriale og grunne innsjøer nødvendig for at fuglefotdeltaer skal dannes. Tufsinga drenerer Tufsingadalen ut i Femunden, som ifølge Nordbø (1991:40) ligger i et område med mye morenemateriale og store eskersystemer, som gir god materialtilførsel. Et dybdekart over Femunden (Østrem, 1984:121) viser at innsjøen er svært grunn ved Tufsingas utløp, som forklarer hvorfor deltaet kan bygges så langt ut. Det er ikke funnet noe dybdekart for de to andre referansedeltaene, men det antas på grunn av størrelse og lokalitet at de har moderat dybde.

Hola-deltaet er kommet langt i sin utvikling som ses tydelig på grunn av de brede ellevollene, og at skillet mellom disse og de elvenære områdene er relativt lite. Likeledes er Tufsinga-deltaet også kommet langt i sin utvikling, men har ikke like brede levéer. Dette kan muligens forklares ved at Hola har et samlet løp over deltaflata, i motsetning til Tufsinga som er forgreinet. Til sammenligning har Mississippi-deltaet også et forgreinet løp samt et svært utviklet fuglefotmønster.

Fuglefotdelta i myr

Det kan stilles spørsmål ved nødvendigheten av å skille mellom denne og foregående deltatype, men planformmessig er de ulike, og derfor bør de deles inn i to forskjellige klasser.

Utviklingen av levéer er likeledes som for fuglefotdelta det viktigste særpreg for denne deltatypen, men de dannes ikke isolert ut i innsjøen. I disse tilfellene er det myr og/eller forsumpet mark som dominerer landskapet, og elvevollene inngår som elementer av dette våtmarkskomplekset. Atna- og Inderdalsåa-deltaet er gode referansedeltaer.

De kontrollerende faktorene som ligger til grunn for dannelsen av et fuglefotdelta vil også være de samme som for et fuglefotdelta i myr, men det blir antatt at sedimenttilførselen i sistnevnte tilfelle vil være mindre. Ifølge dybdekartene i Østrem (1984:31,121) er Atnsjøen noe dypere ved Atnas utløp enn hva som er tilfelle for Femunden ved utløpet av Tufsinga. Dybden kan være en mulig grunn til at Atna-deltaet ikke ser ut slik som Tusfsinga-deltaets levéer gjør, men det kan trolig også skyldes mindre sedimenttilførsel.

Myrdelta

Denne deltatypen består av et våtmarkskompleks av myr og forsumpet mark, men skiller seg fra foregående deltatype ved at levéedannelse er fraværende. Dette viser seg tydelig når man sammenligner figur 4.1 og figur 4.2. Levéene er karakteristisk for Inderdalsåa-deltaet, mens Eitro-deltaet kun er myr. Eitro-deltaet anses for å være det beste av de tre referansedeltaene. På kartbladet, som er fra 1972, ser Svorka-deltaet ut til å være et fint myrdelta, men bilde 4.18 som er tatt i 1993 gir antagelser om at deltaet kan være i en overgangsform til et fuglefotdelta i myr på grunn av svake levéedannelser. Deltaet ble valgt for å kunne vise til en eventuell overgangsform, men her må det observeres i felt for en nøyaktig avklaring. Det samme gjelder for Tisleia-deltaet som også har svake levéedannelser øverst på deltaflata.

Høyst sannsynlig ville et studie av alle kartbladene for Hedmark og Trøndelagsfylkene kunne gitt et bedre referansedelta enn Tisleia, men grunnet tidsbegrensninger ble det kun sett etter gode referansedeltaer blant de 118 deltaene i DNs Elvedeltabase.

Er det representativt å gjøre rede for en klassifisering av deltatyper kun basert på planform?

Det er, som kapittel 5.1 drøfter, klart at det å observere alle deltaene i felt, samt utføre fysiske målinger ville gitt høyest grad av informasjonsmengde og nøyaktighet i resultatet. En slik klassifikasjon er imidlertid idealistisk, og vil i praksis ikke være mulig, verken tids- eller kostnadmessig.

Deltaenes planform gir tilstrekkelig informasjon, tatt i betraktning at klassifikasjonen skal være anvendelig, og brukes som et verktøy i forvaltningsmessig perspektiv.

6. Konklusjon

Oppgavens mål og problemstilling er å gi en anvendelig klassifikasjon av resente ferskvannsdeltaer kun basert på planform sett fra kart og flybilder. Klassifiseringen bygger på datamateriale innhentet fra datakilder på lavest nivå, nemlig kart og flybilder. Kart er andre hånds materiale, det vil si tolket materiale, og gir derfor alltid grovest informasjon. Flybilder gir betraktelig bedre informasjon. Dette er første hånds materiale som gir god presisjon, da det stilles høye krav til metodikken som ligger bak.

Kart og flybilder ble valgt som datakilder, da målet med oppgaven var at klassifiseringen skulle være anvendelig. Anvendelig i denne sammenheng betyr lave tids- og kostnadsressurser, samt brukervennlighet. Kart og flybilder ble derfor valgt, da disse er lett tilgjengelige datakilder.

En innsamling av alle fysiske data, samt feltbefaringer av hvert delta, ville gitt høyest grad av informasjonsmengde og nøyaktighet i resultatet, men dette er i praksis for krevende med tanke på tid og økonomi.

Kan metoden ved å bruke planformen være tilstrekkelig for å gjøre en klassifikasjon av ferskvannsdeltaer uten fysiske målinger?

Det konkluderes med at klassifikasjonen er tilstrekkelig, på bakgrunn av at den ble testet til å finne referansedeltaer, den innfrir målet om å være anvendelig, og at den ved å være et supplement til DNs Elvedeltabase kan brukes som et verktøy i forvaltningsmessig perspektiv.

Kildeliste

Andrén, Hans (1994): *Development of the Laitaure delta, Swedish Lapland. A study of growth, distributary forms and processes*. Uppsala: UNGI Rapport 88.

Bogen, Jim (1984): "Sedimentasjon av partikulært materiale i innsjøer." I: *Fluviale transport- og sedimentasjonsprosesser*. Jim Bogen (red.). Samarbeidsutvalget i hydrologi. Universitetet i Oslo, Rapport 3, 60-80.

Bogen, Jim (1984): "The hysteresis effect of sediment transport systems." I: *Fluviale transport- og sedimentasjonsprosesser*. Jim Bogen (red.). Samarbeidsutvalget i hydrologi. Universitetet i Oslo, Rapport 3, 13-22.

Bogen, Jim (1984): "Morphology and sedimentology of deltas in fjord and fjord valley lakes." I: *Fluviale transport- og sedimentasjonsprosesser*. Jim Bogen (red.). Samarbeidsutvalget i hydrologi. Universitetet i Oslo, Rapport 3, 37-59.

Bogen, Jim (1984): "Innledning." I: *Fluviale transport- og sedimentasjonsprosesser*. Jim Bogen (red.). Samarbeidsutvalget i hydrologi. Universitetet i Oslo, Rapport 3, 5-12.

Bogen, Jim, T. E. Bønsnes & M. Elster (2002): *Miljøfaglige undersøkelser i Øyeren 1994-2000. Erosjon, sedimentasjon og deltautvikling*. NVE Rapport 3.

Boggs, Sam (2001): *Principles of sedimentology and stratigraphy*. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall.

Bjørlykke, Knut (2001): *Sedimentologi og petroleumsgologi*. Oslo: Gyldendal.

Christopherson, Robert W. (2005): *Geosystems. An introduction to physical geography*. Upper Saddle River, New Jersey: Pearson Prentice Hall.

Coleman, J. M. & L. D. Wright (1981): “Modern river deltas: variability of processes and sand bodies”. I: *Deltas - models for exploration*. Martha L. Broussard (red.). Houston: Geological Society.

Direktoratet for naturforvaltning (2005a):

URL: <http://www.statkart.no/skme/produkt/delta/ferskbrakk.htm> [Oppdatert: 22.03.2001, lesedato: 09.06.2005].

Direktoratet for naturforvaltning (2005b):

URL: <http://www.statkart.no/skme/produkt/delta/about.htm> [Oppdatert: 23.04.2001, lesedato: 09.06.2005].

Direktoratet for naturforvaltning (2005c):

URL: <http://www.statkart.no/skme/produkt/delta/deltainfo.htm> [Oppdatert: 23.04.2001, lesedato: 09.06.2005].

Direktoratet for naturforvaltning (2005d):

URL: <http://www.statkart.no/skme/produkt/delta/delta-20.htm> [Oppdatert: 23.09.2002, lesedato: 11.10.2005].

Direktoratet for naturforvaltning (2005e):

URL: <http://www.statkart.no/skme/produkt/delta/deltatyper.htm> [Oppdatert: 31.10.2002, lesedato: 09.06.2005].

Direktoratet for naturforvaltning (2005f):

URL: <http://www.statkart.no/skme/produkt/delta/clc.htm> [Oppdatert: 22.03.2001, lesedato: 24.11.2005].

Direktoratet for naturforvaltning (2005g):

URL: <http://www.statkart.no/skme/produkt/delta/delta-314.htm> [Oppdatert: 23.09.2002].

Direktoratet for naturforvaltning (2005h):

URL: <http://www.statkart.no/skme/produkt/delta/delta-283.htm> [Oppdatert: 23.09.2002].

Direktoratet for naturforvaltning (2005i):

URL: <http://www.statkart.no/skme/produkt/delta/delta-40.htm> [Oppdatert: 23.09.2002].

Direktoratet for naturforvaltning (2005j):

URL: <http://www.statkart.no/skme/produkt/delta/delta-5.htm> [Oppdatert: 23.09.2002].

Direktoratet for naturforvaltning (2005k):

URL: <http://www.statkart.no/skme/produkt/delta/delta-27.htm> [Oppdatert: 23.09.2002].

Direktoratet for naturforvaltning (2005l):

URL: <http://www.statkart.no/skme/produkt/delta/delta-17.htm> [Oppdatert: 23.09.2002].

Direktoratet for naturforvaltning (2005m):

URL: <http://www.statkart.no/skme/produkt/delta/delta-224.htm> [Oppdatert: 23.09.2002].

Direktoratet for naturforvaltning (2005n):

URL: <http://www.statkart.no/skme/produkt/delta/delta-14.htm> [Oppdatert: 23.09.2002].

Direktoratet for naturforvaltning (2005o):

URL: <http://www.statkart.no/skme/produkt/delta/delta-126.htm> [Oppdatert: 23.09.2002].

Direktoratet for naturforvaltning (2005p):

URL: <http://www.statkart.no/skme/produkt/delta/delta-77.htm> [Oppdatert: 23.09.2002].

Direktoratet for naturforvaltning (2005q):

URL: <http://www.statkart.no/skme/produkt/delta/delta-24.htm> [Oppdatert: 23.09.2002].

Direktoratet for naturforvaltning (2005r):

URL: <http://www.statkart.no/skme/produkt/delta/delta-105.htm> [Oppdatert: 23.09.2002].

Direktoratet for naturforvaltning (2005s):

URL: <http://www.statkart.no/skme/produkt/delta/ferskliste.htm> [Oppdatert:

DN-håndbok 9 (1994): *Inngrep i vassdrag – effekter og tiltak*. Trondheim: Direktoratet for naturforvaltning.

Easterbrook, Don J. (1999): *Surface processes and landforms*. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall.

Eiken, Trond (2001): *Landmåling og fotogrammetri*. Forelesning. Oslo: Institutt for geofag, 12.03.2001.

Galloway, William E. (1981): "Process framework for describing the morphologic and stratigraphic evolution of deltaic depositional systems". I: *Deltas - models for exploration*. Martha L. Broussard (red.). Houston: Geological Society.

Håkanson, L. & M. Jansson (1983): *Principles of lake sedimentology*. Berlin: Springer.

Miljølære (2005):

URL: <http://www.miljolare.no/fagstoff/vann/perm/vatmark.php> [Lesedato: 09.08.2005]

- Morgan**, James P. (1970): “Depositional processes and products in the deltaic environment”. I: *Deltaic sedimentation – modern and ancient*. James P. Morgan (red.). Special publication 15, 31-47. Tulsa, Oklahoma: Society of Economic Paleontologists and Mineralogists.
- Nemec**, W. (1990): “Deltas – remarks on terminology and classification”. I: *Coarse-Grained Deltas*. Albina Colella & David B. Prior (red.). Special Publication of the International Association of Sedimentologist, 10, 3-12. Oxford: Blackwell.
- Nemec**, W. & R. J. Steel (1988): “What is a fan delta and how do we recognize it?” I: *Fan deltas: Sedimentology and tectonic settings*. W. Nemec & R. J. Steel (red.). Glasgow: Blackie, 3-13.
- Nordbø**, Laila (1991): *Registrering og klassifisering av elveløpsformer i Sør-Norge*. Hovedoppgave i geografi. Universitetet i Oslo.
- Nordseth**, Kjell (1995): *Elementær databearbeidelse i emnet GG 247. Fluviale prosesser i vassdrag*. Universitetet i Oslo, Geografisk institutt: Unipub kompendier.
- Orton**, G. J. (1988): “A spectrum of middle ordovician fan deltas and braidplain deltas, North Wales: a consequence of varying fluvial clastic input”. I: *Fan deltas. Sedimentology and tectonic settings*. W. Nemec & R. J. Steel (red.). Glasgow: Blackie,
- Orton**, G. J. & H. G. Reading (1993): “Variability of deltaic processes in terms of sediment supply, with particular emphasis on grain size”. *Sedimentology*, 40, (3), 475-512.
- Postma**, G. (1990): “Depositional architecture and facies of river and fan deltas: a synthesis”. I: *Coarse-Grained Deltas*. Albina Colella & David B. Prior (red.). Special Publication of the International Association of Sedimentologist, 10, 13-27. Oxford: Blackwell.

Robert, André (2003): *River processes. An introduction to fluvial dynamics*. New York: Oxford University Press.

Skjeseth, Steinar (1974): *Norge blir til. Norges geologiske historie*. Oslo: Schibsted.

Smith-Meyer, Sylvia (1995): *Geofaglig klassifisering av norske vassdrag*. NVE Publikasjon 10.

Strahler, Alan & Arthur Strahler (1994): *Introducing physical geography*. New York: John Wiley.

Østrem, G., N. Flakstad & J. M. Santha (1984): *Dybdekart over norske innsjøer. Et utvalg innsjøkart utarbeidet ved Hydrologisk avdeling*. NVE Meddelelser 48.

Vedlegg

Vedlegg 1: Oversikt over ferskvannsdeltaer i Norge som er registrert i Direktoratet for naturforvaltning sin Elvedeltabase.

Vedlegg 1: **Oversikt over ferskvannsdeltaer i Norge** (Direktoratet for naturforvaltning, 2005s).

Regine	Elv	Vann/Sjø	Kommune	Fylke
002.CAA0	Leira	Nitelva	Fet	Akershus
002.D1	Glomma	Øyeren	Fet	Akershus
002.DAC2	Hurdalselva	Hurdalssjøen	Hurdal	Akershus
002.LF0	Nordre Atna	Atnsjøen	Stor-Elvdal	Hedmark
002.N21	Folla	Glåma	Alvdal	Hedmark
002.JH6	Brya	Finstadsjøen	Tynset	Hedmark
002.DC3A0	Svartelva	Mjøsa	Hamar	Hedmark
002.DC5A0	Flagstadelva	Mjøsa	Hamar	Hedmark
002.JE3	Rena	Lomnessjøen	Rendalen	Hedmark
311.EC2	Sølva	Vesle Sølensjøen	Rendalen	Hedmark
311.GC2	Hola	Langsjøen	Tolga	Hedmark
002.EB2	Vesleåa	Sognesjøen/Storsjøen	Sør-Odal	Hedmark
002.JBB13	Nordre Osa	Osensjøen	Åmot	Hedmark
311.J41	Tufsinga	Femunden	Os	Hedmark
002.L20	Otta	Koppang	Stor-Elvdal	Hedmark
002.DGH	Storåe	Gjende	Lom	Oppland
002.DHBA10	Bøvre	Vågåvatnet	Lom	Oppland
012.JCBA0	Hydøla / Smådøla	Larsgårdstjern	Vestre Slidre	Oppland
002.DGG2Z	Leirvassåa	Øvre Leirungen	Vågå	Oppland

012.M	Begna	Slidrefjorden	Vang	Oppland
012.JB1	Tisleia	Ølsjøen	Nord-Aurdal	Oppland
002.DFBA5	Hinøgla / Søre Muru	Slangen	Nord-Fron	Oppland
012.EC72	Dokka-Etna	Randsfjorden	Nordre Land	Oppland
002.DD52	Lågen / Gausa	Mjøsa	Lillehammer	Oppland
002.DHF4	Otta	Pollvatnet	Skjåk	Oppland
002.DHEB	Ostre	Bråtåvatnet	Skjåk	Oppland
002.DE7	Lågen	Losna	Ringebu	Oppland
002.DK0	Jora	Lågen	Dovre	Oppland
002.DHB2C	Smådøla	Tesse	Lom	Oppland
002.DC43	Lenaelva	Mjøsa	Østre Toten	Oppland
002.DHED	Sota	Veltvatnet	Skjåk	Oppland
012.L2C	Krokåni	Vasetvatnet	Vestre Slidre	Oppland
002.DHC0	Otta	Vågåvatnet	Skjåk	Oppland
002.DHFC	"Innløpselv"	ystre Leirvatnet	Skjåk	Oppland
002.DHFC	"Innløpselv"	nedre Leirvatnet	Skjåk	Oppland
002.DHDB	Skjøle	Lundadalsvatnet	Skjåk	Oppland
002.DHDA	Skjøle	utløp fra Lundadalsvatnet	Skjåk	Oppland
012.G9	Begna	Sperillen	Ringerike	Buskerud
015.JB4	Uvdalselvi	Fønnebøfjorden	Nore og Uvdal	Buskerud
012.BE0	Eggedøla	Solevatn	Sigdal	Buskerud
012.CB21A	Fyranelva	Krøderen	Krødsherad	Buskerud

015.FA0	Gjuva	Numedalslågen	Flesberg	Buskerud
012.CDBA4	Grøndøla	Fagersetvatnet	Hemsedal	Buskerud
012.CC10	Hallingdalselva	Krøderen	Flå	Buskerud
015.DZ	Jondalselva	Numedalslågen	Kongsberg	Buskerud
015.J2	Numedalslågen	Norefj.	Nore og Uvdal	Buskerud
015.N7	Numedalslågen	Ossjøen	Hol	Buskerud
012.BC21	Simoa	Soneren	Sigdal	Buskerud
012.DA1	Sokna	Tyrifjorden	Ringerike	Buskerud
012.E0	Storelva	Tyrifjorden	Ringerike	Buskerud
012.CFB110	Storåne	Hovsfj.	Hol	Buskerud
012.G22	Urula	Sperillen	Ringerike	Buskerud
012.CG6	Usteåne	Ustedalsfjorden	Hol	Buskerud
012.AB1Z	Dørja	Fiskumvatnet	Øvre Eiker	Buskerud
016.BD6	Tokkeåni	Bandak	Tokke	Telemark
019.DC0	nedre Dalåa	Fyresvatn	Fyresdal	Telemark
019.F2A0	Frøysdøl	Nisser	Nissedal	Telemark
016.BC12	Dalaåi	Sundkilen	Kviteseid	Telemark
016.CC6	Flatdøla	Flatsjø	Seljord	Telemark
016.BA4	Straumen	Nomevatn	Nome	Telemark
016.C9	Gvarvelva	Nordsjø	Sauherad	Telemark
016.EA21	Heddøla	Heddalsvatn	Notodden	Telemark
021.D82	Otra	Åraksfjorden	Bygland	Aust-Agder

019.AA	Nidelva	Rore	Grimstad	Aust-Agder
020.BCA	Vatndalselva	Skjeggedalsåni	Froland	Aust-Agder
022.G1	Monnåna	Ljoslandsvatnet	Åseral	Vest-Agder
025.3C9	Fedaelva	Kongevollvann	Flekkefjord	Vest-Agder
030.4C1	øvre Espedal	øvre Espedal	Forsand	Rogaland
062.F0	Vosso / Joni	Vangsvatnet	Voss	Hordaland
062.G3	Strandaelvi	Lønavatnet	Voss	Hordaland
062.H42	Myrkdalselva	Myrkdalsvatnet	Voss	Hordaland
052.1C	Storelvi	Granvinvatnet	Granvin	Hordaland
050.B0	Bjoreio / Veig	Eidfjordvatnet	Eidfjord	Hordaland
050.G4	Eitro	Langavatnet	Eidfjord	Hordaland
062.E22	Dyrvo	Vangsvatnet	Voss	Hordaland
089.C20	Horndøla	Hornindalsvatnet	Hornindal	Sogn og Fjordane
072.C1	Aurlandselvi	Vassbygdevatnet	Aurland	Sogn og Fjordane
088.2C	Kjenndalselva	Lovatnet	Stryn	Sogn og Fjordane
088.2B1	Innigardselva	Lovatnet	Stryn	Sogn og Fjordane
083.E0	Gjerlandselva	Haukedalsvatnet	Førde	Sogn og Fjordane
088.2B21	Bødalselva	Lovatnet	Stryn	Sogn og Fjordane
119.1B12	Søa	Rovatnet	Hemne	Sør-Trøndelag

121.AAB	Skolda	Svorksjøen	Melhus	Sør-Trøndelag
121.AB0	Svorka	Vollmovatnet	Meldal	Sør-Trøndelag
135.D21	Stordalselva	Stordalsvatnet	Åfjord	Sør-Trøndelag
123.B72	Nea	Selbusjøen	Selbu	Sør-Trøndelag
002.T11	Glåma	Brekkefjorden	Røros	Sør-Trøndelag
139.AC4	Nordåa/Søråa	Grongstadvatnet	Høylandet	Nord-Trøndelag
139.AD	Flåtselva	Øvre Flakkan	Høylandet	Nord-Trøndelag
308.2C0	Inderdalsåa	Ulen	Lierne	Nord-Trøndelag
128.CA0	Jørstadelva	Snåsavatnet	Snåsa	Nord-Trøndelag
144.B2	Åbjøra	Åbjørvatn	Bindal	Nordland
152.D	Hattelva	Ømmervatnet	Vefsn	Nordland
151.DB3	Mellomvasselva/Simskarelva nedre Fiplingvtn.		Grane	Nordland
156.CC0	Glomåa	Langvatnet	Rana	Nordland
156.CA0	Langvassåga/Røvassåga	Langvatn	Rana	Nordland
164.3B	Lakselva/Valnesfjordelva	Valnesfjorden/Kåsmovatnet	Fauske	Nordland
167.C2	Gjerdalselva	Kobbvatnet	Sørfold	Nordland
164.B4D2A	Leirelva	Mellomvatnet	Fauske	Nordland
166.5E	Trolldalselva	Storskogvatnet	Sørfold	Nordland

156.GF	Virvasselva	Virvatnet	Rana	Nordland
163.BA	Harodalselva	Kvitbergvatnet	Saltdal	Nordland
156.CAA1	Blakkåga Rauvassåga Svartisåga	x	Rana	Nordland
155.F	Sørbuktelva	Famnvatnet	Hattfjelldal	Nordland
155.G	Raudvasselva	Famnvatnet	Hattfjelldal	Nordland
155.D7D10	Raudvasselva	Austre Krutvatn	Hattfjelldal	Nordland
151.FC0	Skardmodalselva	Unkervatn	Hattfjelldal	Nordland
160.41A0	Spilderdalselva	Spildervatn	Meløy	Nordland
157.4C	"Elv"	Helgåvatn	Rana	Nordland
152.E	Kjerringhalselva	Luktvatnet	Vefsn	Nordland
152.B3	Heringeelva	Fustvatnet	Vefsn	Nordland
174.5C0	Vassdalselva	Hartvikvatnet	Narvik	Nordland
174.2B0	Skamdalselva	Nedre Skamdalsvatn	Narvik	Nordland
162.7Z	Refselva	Kykkelvannet	Skjerstad	Nordland
194.D	Lakselv	Sørlivatnet	Tranøy	Troms
193.5B	Tømmerelva	Reisvatnet	Sørreisa	Troms
196.DDD	Anjavasselva	Anjavatnet	Målselv	Troms
196.F4	Rostadelva	Lille Rostadvatn	Målselv	Troms

Antall: **118**